ELEMENTS OF PHYSICS

IN

BENGALI

BY

MAHENDRA NATH BHATTACHARJYA, M.A.

Dy. Magistrate and Dy. Collector.

FOURTH EDITION.

REVISED AND ENLARGED.

পদার্থ দর্শন।

ডেপুটী মাজিষ্ট্রেট ও ডেপুটী কালেক্টর

শ্রীমহেন্দ্রনাথ ভট্টাচার্য্য এম্, এ, প্রণীত।

চতুর্থ সংস্করণ।

পরিবর্ত্তিত ও পরিবর্দ্ধিত।

"অনেকসংশয়োচ্ছেদি পরোক্ষার্থস্য দর্শনম্।
সর্ব্বস্য লোচনং শাস্ত্রং যস্য নাস্ত্যন্ধ এব সঃ॥"

কলিকাতা।

নূতন সংস্কৃত যন্ত্রে

শ্রীগোপালচন্দ্র দে কর্ত্তৃক মুদ্রিত।

১৮৭৬।

ভ্রমসংশোধন।

৫০ পৃষ্ঠার চিত্রে কপ ও খব রেখা এরূপ হওয়া উচিত যে উহাদের সমষ্টি যেন পস রেখার সমান হয়।

৭১ পৃষ্ঠার চিত্রে গ ও ঝ ক্রমান্বয়ে কখগ ক্ষুদ্র ত্রিভুজের কখ ভিন্ন অবশিষ্ট কোণে ও গখ ভুজের মধ্য বিন্দুতে বসিবে।

PREFACE TO THE THIRD EDITION.

In preparing a third edition of the Elements of Physics numerous additions and alterations have been made with a view to increase its usefulness as a text-book in Natural Philosophy by giving a fuller exposition of the Principles of Statics, Dynamics, Hydrostatics, Pneumatics and Thermotics. Mathematical demonstrations have been given where necessary. These are intended solely for the advanced pupils of the Normal Schools who have already acquired some knowledge of Algebra and Trigonometry. The beginner may omit them without any disadvantage as they have been in almost all cases introduced in distinct and independent chapters and articles.

The present edition has also been enriched with a large number of Illustrations and Examples.

CALCUTTA,
12th July 1873.

M. N. Bhattacharya.

LIST OF THE PRINCIPAL WORKS USED IN THE PREPARATION OF THIS EDITION.

Miller's Chemical Physics.
Ganot's Elements of Physics.
Silliman's Principles of Physics.
Muller's Hand-book of Physics.
Peschel's Physics.
Arnott's Physics.
Balfour Stewart's Physics.
Lardner's Hand-book of Natural Philosophy.
Ganot's Popular Natural Philosophy.
Faraday's Lectures on the Physical Forces.
Todhunter's Mechanics.
Stephenson's Mechanics.
Parkinson's Mechanics.
Potter's Mechanics.
Rawlinson's Statics.
Goodwin's Dynamics.
Phear's Hydrostatics.
Besant's Hydrostatics.
Balfour Stewart's Treatise on Heat.
Tyndall's Heat as a Mode of Motion.

বিজ্ঞাপন।

কতিপয় ইংরাজি গ্রন্থ অবলম্বন করিয়া "পদার্থদর্শন" নামে এই ক্ষুদ্র গ্রন্থখানি সঙ্কলিত হইল। ইহার প্রথমাধ্যায়ে জড়ের সাধারণ ও অসাধরণ ধর্ম্ম, দ্বিতীয়ে আকর্ষণ, তৃতীয়ে বল, বেগ ও গতির নিয়ম, চতুর্থে তরল ও বায়বীয় বস্তুদিগের ধর্ম্ম সংক্ষেপে বর্ণিত হইল। আমার একান্ত মানস ছিল পঞ্চমাধ্যায়ে সবিস্তরে তাপের বিবরণ লিখিব কিন্তু বিদ্যালয় সমুহের কার্য্যারম্ভের সময় সমুপস্থিত দেখিয়া তাপের উৎপত্তি-স্থানের নির্দ্দেশ করিয়াই পুস্তকের উপসংহার করিতে হইল। অভিনব বিজ্ঞানশাস্ত্রের তত্ত্ব সমুদায় যেরূপ দুরূহ, তাহাতে মাদৃশ অল্পবুদ্ধি জন দ্বারা উহা বিশদরূপে অনুবাদিত হইবে, ইহা কোন ক্রমেই সম্ভাবিত নহে। যাহা হউক, এক্ষণে এই ক্ষুদ্র গ্রন্থখানি পাঠ করিয়া যদি এক জনেরও অন্তঃকরণে পদার্থ দর্শেনের অনুশীলনে প্রবৃত্তি জন্মে, তাহা হইলেই রচয়িতার সমস্ত শ্রম সফল হইবে।

পাইকপাড়া রাজবাটী }
৫ই জানুয়ারি ১৮৭১। } শ্রীমহেন্দ্রনাথ শর্ম্মা।

তৃতীয়বারের বিজ্ঞাপন।

পদার্থদর্শনের তৃতীয় সংস্করণ প্রচারিত হইল। এবারে স্থিতিবিজ্ঞান, গতিবিজ্ঞান, বারিবিজ্ঞান, বায়ুবিজ্ঞান ও তাপবিজ্ঞান বিষয়ক স্থূল স্থূল তত্ত্ব সমুদয় পূর্ব্বাপেক্ষা বিস্তারিত রূপে বর্ণিত হইয়াছে। প্রয়োজন মতে স্থলে স্থলে পৃথক পৃথক পরিচ্ছেদ ও অনুচ্ছেদ করিয়া গণিত সম্মত উপপত্তি প্রদত্ত হইয়াছে। এই গুলি কেবল নর্ম্মাল বিদ্যালয় সমূহের উচ্চ শ্রেণীস্থ যে সমস্ত বিদ্যার্থীগণ বীজগণিত ও ত্রিকোণমিতিতে কিঞ্চিৎ ব্যুৎপত্তি লাভ করিয়াছেন তাঁহাদেরই পাঠ্য হইতে পারিবে; মাইনর ও বাঙ্গালা বিদ্যালয়স্থ তরুণ বয়স্ক বালকবৃন্দ যে ঐ সকল বিষয়ের মর্ম্মগ্রহণে সমর্থ হইবেন ইহা কোন ক্রমেই সম্ভাবিত নহে; এই নিমিত্ত গণিত সম্পৃক্ত প্রকরণ গুলি এরূপে বিন্যস্ত হইয়াছে যে পাঠকালে তৎসমুদায় পরিত্যাগ করিয়া গেলেও প্রকৃত বিষয়বোধে কোন রূপ ব্যাঘাত হইবার সম্ভাবনা নাই।

এই সংস্করণে অনেক গুলি নূতন চিত্র এবং স্থিতিবিজ্ঞান, গতিবিজ্ঞান, ও আপেক্ষিক গুরুত্ব সংক্রান্ত প্রশ্ন সমূহ সমাধা করিবার রীতি প্রদর্শনার্থ বিস্তর সমাহিত প্রশ্ন প্রদত্ত হইল।

CONTENTS.

BOOK I.

PROPERTIES OF BODIES.

BOOK II.

MOLECULAR ATTRACTION AND GRAVITATION.

BOOK III.

STATICS AND DYNAMICS.

BOOK IV.

HYDROSTATICS AND PNEUMATICS.

BOOK V.

HEAT.

সূচীপত্র।

প্রথম অধ্যায়।

জড়ের গুণ।

দ্বিতীয় অধ্যায়।

আণবিক আকর্ষণ ও মাধ্যাকর্ষণ।

তৃতীয় অধ্যায়।

স্থিতিবিজ্ঞান ও গতিবিজ্ঞান।

চতুর্থ অধ্যায়।

বারিবিজ্ঞান ও বায়ুবিজ্ঞান।

পঞ্চম অধ্যায়।

তাপ

নিম্ন লিখিত পরিচ্ছেদ ও অনুচ্ছেদ গুলিতে গণিত সম্মত উপপত্তি প্রদত্ত হইয়াছে।

তৃতীয় অধ্যায়ের ৩য় ৪র্থ ও ৮ম পরিচ্ছেদ এবং ৯ম পরিচ্ছেদের অন্তর্গত ৭২, ৭৩, ৭৪ ও ৭৬ অনুচ্ছেদ। এবং চতুর্থ অধ্যায়ের অন্তর্গত ১০৮, ১০৯ ও ১১৪ অনুচ্ছেদ। এবং পঞ্চম অধ্যায়ের ৩য় পরিচ্ছেদ।

পদার্থদর্শন

প্রথম অধ্যায়।

প্রথম পরিচ্ছেদ।

জড়ের সাধারণ ধর্ম্ম।

যে শাস্ত্র অধ্যয়ন করিলে জড়পাদর্থের গুণ অবগত হওয়া যায় তাহাকে পদার্থদর্শন কহে।

১ জড়পদার্থ। আমরা বহিরিন্দ্রিয় দ্বারা যাহার গুণ প্রত্যক্ষ করি তাহাকে জড়পদার্থ বলে। জড়পদার্থ স্বয়ং কোন ইন্দ্রিয়ের গ্রাহ্য নহে। এই নিমিত্ত আমরা জড়ের স্বরূপ অবগত নহি। চক্ষু, কর্ণ, নাসিকা প্রভৃতি ইন্দ্রিয় দ্বারা যে সমুদায় প্রত্যক্ষ করা যায় সে সমুদায়ই গুণ। এবং ঐ সকল গুণের আধারকেই আমরা জড়পদার্থ বলিয়া অনুমান করি।

২ জড়ের সাধারণ ধর্ম্ম। স্থানব্যাপকতা, স্থানাবরোধকতা, বিভাজ্যতা, আকুঞ্চনীয়তা, প্রসারণীয়তা, সান্তরতা ও নিশ্চেষ্টতা প্রভৃতি কয়েকটি গুণ কি কঠিন, কি তরল, কি বায়বীয়, সকল প্রকার জড় দ্রব্যেই লক্ষিত হয়; এই নিমিত্ত ইহাদিগকে জড়ের সাধারণ ধর্ম্ম বলে।

৩ স্থানব্যাপকতা। যে গুণ থাকাতে জড়বস্তুমাত্রেই কিঞ্চিৎ কিঞ্চিৎ স্থানব্যাপিয়া অবস্থিতি করে তাহার নাম স্থানব্যাপকতা। জড়পদার্থ যে স্থানব্যাপিয়া অবস্থিতি করে না, ইহা আমরা মনেও কল্পনা করিতে পারি না। যাহার স্থানব্যাপকতা আছে তাহার অবশ্যই আকৃতি আছে। কঠিন দ্রব্যমাত্রেরই এক এক প্রকার নির্দ্দিষ্ট আকার দৃষ্ট হয়। কিন্তু তরল ও বায়বীয় পদার্থের কোন নির্দ্দিষ্ট আকার নাই; তাহাদিগকে যেমন পাত্রে রাখা যায় তাহারা সেইরূপ আকার ধারণ করে।

৪ স্থানাবরোধকতা। যে গুণ থাকাতে দুইটী জড়-বস্তু এক কালে এক স্থানে অবস্থিতি করিতে পারে না, তাহার নাম স্থানাবরোধকতা। যাবতীয় জড়বস্তুতেই এই গুণ আছে। এই গুণ থাকাতেই জলপূর্ণ পাত্রে কোন বস্তু নিক্ষেপ করিলে কিঞ্চিৎ জল উচ্ছ্বসিত হইয়া পড়ে। কপাটে প্রেক বিদ্ধ করিলে যে স্থানে প্রেক বিদ্ধ করা যায়, সেই স্থানের পরমাণু সকল পার্শ্বস্থিত পরমাণু সকলের অন্তর্গত অবকাশ স্থলে প্রবেশ করে; কিন্তু উভয়ের পরমাণু এক সময়ে এক স্থান অধিকার করিয়া কদাচ অবস্থান করিতে পারে না। দুইটী পরমাণু কখন এক সময়ে এক স্থানে অবস্থিতি করিতে পারে, ইহা আমাদিগের অনুভবেও আইসে না।

যাহার স্থানব্যাপকতা আছে অথচ স্থানাবরোধকতা গুণ নাই তাহাকে জড়পদার্থ বলে না। এই নিমিত্ত দর্পণে যে প্রতিবিম্ব দেখিতে পাওয়া যায় তাহাকে জড়পদার্থ বলা

যাইতে পারে না। কেননা যে স্থানে প্রতিবিম্ব দৃষ্ট হয় সে স্থল বাস্তবিক তখন অন্য পদার্থ দ্বারা অধিকৃত। ছায়ার স্থানব্যাপকতা আছে, কিন্তু তাহার স্থানাবরোধকতা গুণ না থাকাতে তাহাকেও জড়পদার্থ বলিতে পারা যায় না। ফলতঃ স্থানব্যাপকতা ও স্থানাবরোধকতা এই দুইটী গুণ যাহাতে আছে তাহারই নাম জড়পদার্থ। যেখানে জড়পদার্থ আছে সেখানেই এই দুইটী গুণ আছে। এই দুইটী গুণ নাই অথচ জড়পদার্থ আছে ইহা আমরা মনেও ধারণা করিতে পারি না।

৫ মূলপদার্থ। এই বিশ্বসংসারে যে সমুদায় বস্তু দেখিতে পাওয়া যায়, সে সমুদায়ই কয়েকটী মূল পদার্থ সংযোগে সমুৎপন্ন হইয়াছে। প্রাচীনেরা মনে করিতেন ক্ষিতি, জল, তেজ, বায়ু ও আকাশ এই পঞ্চ মহাভূত হইতে সমগ্র ব্রহ্মাণ্ড বিরচিত হইয়াছে। কিন্তু এ সংস্কারটী যে ভ্রান্তিমূলক তাহা রসায়নশাস্ত্র পাঠ করিলে স্পষ্ট প্রতীতি হয়। নব্যেরা বলেন ৬৬ ছয়বট্টী প্রকার মূল পদার্থ হইতে সমুদায় বস্তুর উৎপত্তি হইয়াছে। যে দ্রব্যকে বিশ্লিষ্ট করিলে দুই কি ততোঽধিক অন্যবিধ পদার্থ প্রাপ্ত হওয়া যায় না তাহার নাম মূল পদার্থ। স্বর্ণ, রৌপ্য, লৌহ, তাম্র, পারদ, গন্ধক প্রভৃতি দ্রব্যকে মূল পদার্থ বলে; কেননা স্বর্ণ হইতে স্বর্ণ, রৌপ্য হইতে রৌপ্য ভিন্ন অন্য পদার্থ পাওয়া যায় না, ইত্যাদি। কিন্তু জল মূল পদার্থ নহে; কেননা ইহাকে বিশ্লিষ্ট করিলে বিসদৃশ গুণবিশিষ্ট দুইটী বায়বীয় পদার্থ প্রাপ্ত

হওয়া যায়; এবং ঐ দুইটী বায়ুকে একত্র করিয়া পুনর্ব্বার জল প্রস্তুত করিতে পারা যায়। দুই কি ততোঽধিক মূল পদার্থ যোগে যে সকল পদার্থের উৎপত্তি হয় তাহাদিগকে যৌগিক পদার্থ বলে। এ স্থলে ইহাও বলা কর্ত্তব্য যে, যে সকল পদার্থকে আমরা অসংযুক্ত অর্থাৎ মূল পদার্থ বলিয়া মনে করিতেছি হয়ত কালক্রমে তাহাদের মধ্যে কতকগুলি যৌগিক অর্থাৎ সংযুক্ত বলিয়া সপ্রমাণ হইবে। যাহা হউক, এ পর্য্যন্ত যে সমুদায় দ্রব্য হইতে দুই কি ততোঽধিক ভিন্ন জাতীয় পদার্থ প্রাপ্ত হওয়া যায় নাই, আমরা তাহাদিগকেই মূল পদার্থ বলি, কিন্তু তাহারা বাস্তবিক মূল পদার্থ কি না তাহা কে বলিতে পারে?

৬ বিভাজ্যতা। তাবৎ বস্তুকেই অতি সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম অংশে বিভক্ত করিতে পারা যায়। স্বর্ণকে পিটিয়া এমন পাতলা পাত প্রস্তুত করা যাইতে পারে যে, তাহার দশ লক্ষ খানি উপর্য্যুপরি রাখিলেও এক বুরুল ঘন হয় না। কোন স্বর্ণাচ্ছাদিত রৌপ্যদণ্ডকে টানিয়া এমত সূক্ষ্ম তার প্রস্তুত করিতে পারে যে, তাহার প্রত্যেক ইঞ্চিতে এক গ্রেণের ৭২,০০০ দ্বিসপ্ততি সহস্র ভাগের এক ভাগ অপেক্ষা অধিক স্বর্ণ থাকে না। ঐরূপ সূক্ষ্ম তারের প্রতি ইঞ্চিকে শত ভাগে বিভক্ত করিলেও দর্শনেন্দ্রিয়ের অগোচর হয় না। সুতরাং তাহার প্রত্যেক খণ্ডে এক গ্রেণের ৭২,০০,০০০, দ্বিসপ্ততি লক্ষ ভাগের এক ভাগ মাত্র স্বর্ণ আছে ইহা অবশ্যই বলিতে হইবে।

অপিচ অনুবীক্ষণ সহকারে ঐ রূপ এক একটী ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশকে পুনরায় ৫০০ পাঁচ শত ভাগে বিভক্ত করা যাইতে পারে। অতএব এইরূপ প্রত্যেক খণ্ডে যত টুকু স্বর্ণ থাকে তাহার পরিমাণ এক গ্রেণের ৩৬০,০০,০০,০০০ তিন শত ষষ্টি কোটি ভাগের এক ভাগ মাত্র ইহা অবশ্যই স্বীকার করিতে হইবে। ডাক্তর উয়ালষ্টন সাহেব প্লাটিনম্ নামক ধাতুর এরূপ সূক্ষ্ম তার প্রস্তুত করিয়াছিলেন যে, তাহার ১৫০ এক শত পঞ্চাশ গাছি এক গাছি মাত্র রেসমের সমান। প্লাটিনম্ যাবতীয় দ্রব্য অপেক্ষা গুরু বটে, অথচ ঐ রূপ ১ এক মাইল দীর্ঘ তার এক গ্রেণ অপেক্ষা অধিক ভারী নহে।

যদি এক গ্রেণ তাম্রকে যবক্ষার দ্রাবকে দ্রব করিয়া কিঞ্চিৎ আমোনিয়ার সহিত মিশ্রিত করা যায়, তাহা হইলে তদ্দারা ৩৯২ তিন শত বিরনব্বই ঘন বুরুল জল নীলবর্ণ করিতে পারা যায়। আবার অনুবীক্ষণ সহকারে প্রতি ঘন বুরুলের ১০,০০,০০০ দশ লক্ষ ভাগের এক ভাগ প্রত্যক্ষ করা যাইতে পারে। সুতরাং এই স্থলে এক গ্রেণ তাম্র অন্ততঃ ৩৯,২০,০০,০০০ উনচল্লিশ কোটি বিংশতি লক্ষ ভাগে বিভক্ত হইতেছে, তাহার সন্দেহ নাই।

প্রাণীগণের মধ্যে বিভাজ্যতা গুণের উৎকৃষ্ট উদাহরণ প্রাপ্ত হওয়া যায়। তাহাদিগের রক্ত যেরূপ রক্তবর্ণ বলিয়া বোধ হয় বাস্তবিক সেরূপ নহে। এক প্রকার স্বচ্ছ তরল পদার্থে অসংখ্য লোহিত বর্ণ রেণু ভাসমান থাকাতে ঐরূপ রক্তবর্ণ দেখায়। একটী সূচীর অগ্রভাগে

যতটুকু মনুষ্য রক্ত ঝুলিয়া থাকিতে পারে, তাহাতে ঐরূপ ৩০,০০,০০০ ত্রিংশৎ লক্ষ রেণু আছে। প্রুসিয়া দেশীয় সুপ্রসিদ্ধ পণ্ডিত ইরেন্‌বর্গ বলেন কীটাণুগণের আকার এরূপ ক্ষুদ্র যে তাহাদের কোটি কোটি একত্র করিলেও এক বালুকা কণার তুল্য হয় না। ইহাদিগের শরীরে যদি রক্ত থাকে তাহা হইলে না জানি ঐ রক্তস্থ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র রেণু সকলই বা কেমন সূক্ষ্ম। ফলতঃ জড়পদার্থের অণু সকল যে কত সূক্ষ্ম তাহা কে বলিতে পারে? আমরা কল্পনাশক্তি অবলম্বন করিয়াও তাহাদিগের আয়তন কি প্রকার তাহা অনুভব করিয়া উঠিতে পারি না।

৭ পরমাণু। যদিও সমুদায় পদার্থই এই রূপ অতি সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম অংশে বিভক্ত হইতে পারে, তথাপি বিভাগের শেষ নাই ইহা কি প্রকারে বলিতে পারা যায়। বোধ হয় যাবতীয় পদার্থই অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অবিভাজ্য কণাসমূহের সমষ্টি। ঐ সকল অবিভাজ্য কণাদিগকে পরমাণু বলে। কি পর্ব্বত, কি সমুদ্র, কি বৃক্ষ, কি লতা, কি প্রাণীগণের শরীর, সকলই পরমাণু সংযোগে সমুৎপন্ন হইয়াছে। বৈশেষিক দর্শনকার বলেন "যাহার নিজের অবয়ব নাই অথচ যে পরম্পরায় সকলেরই অবয়ব এবং যাবৎ সূক্ষ্ম পদার্থের শেষ সীমা স্বরূপ তাহার নাম পরমাণু। নৈয়ায়িক মহাশয়েরা বলেন পরমাণু নিত্য পদার্থ। বাস্তবিকও পরমাণুগণ নিত্য ও অপরিণামী। আমরা যে সমস্ত বস্তু দেখিতে পাই তাহাদের উৎপত্তি ও বিনাশ আছে; কিন্তু তাহাদিগের পরমাণু সকল যেমন তেমনই

থাকে। তরল পদার্থ বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায় বটে কিন্তু তাহার একটী পরমাণুও নষ্ট হয় না। উত্তাপ পাইলে জল বাষ্প হইয়া যায় ও হিম হইলে জমিয়া বরফ হয়, তথাপি তাহার পরমাণু সংখ্যা সমভাবেই থাকে। বৃক্ষ, লতা, পশু, পক্ষীদিগের শরীর কালক্রমে মৃত্তিকাসাৎ হইয়া যায় ও পুনর্ব্বার তাহা হইতে শস্যাদি উৎপন্ন হইয়া প্রাণীদিগের প্রাণ রক্ষা করে। এই প্রকার পদার্থের রূপান্তর হয় বটে, কিন্তু একটী পরমাণুরও নাশ হয় না। বাস্তবিকও সৎ পদার্থের উৎপত্তিও নাই বিনাশও নাই। "নাসতোবিদ্যতে ভাবো নাভাবো বিদ্যতে সতঃ"। অসৎ বস্তুর কখনই উৎপত্তি হয় না আর সদ্বস্তুর কখনই অভাব হয় না।

৮ আকুঞ্চনীয়তা ও প্রসারণীয়তা। জড় বস্তুর আয়তন সর্ব্বদা সমভাবে থাকে না, চাপ প্রাপ্ত হইলে আয়তনের হ্রাস ও চাপ অপসৃত হইলে তাহার বৃদ্ধি হয়। তাপ সংযোগে দ্রব্যমাত্রই প্রসারিত হয় ও শীতল হইলে পুনরায় সঙ্কুচিত হয়। কি কঠিন, কি তরল, কি বায়বীয় তাবৎ বস্তুই শীতল হইলে সঙ্কুচিত, ও উষ্ণ হইলে প্রসারিত হয়। যে ধর্ম্ম প্রযুক্ত জড়াত্মক বস্তু আকুঞ্চিত হয়, তাহাকে আকুঞ্চনীয়তা, আর যে গুণ থাকাতে প্রসারিত হয় তাহাকে প্রসারণীয়তা কহে।

সকল দ্রব্যের এই দুই গুণ সমান নহে। বায়বীয় দ্রব্যমাত্রই অকুঞ্চনীয়তা গুণের উৎকৃষ্ট উদাহরণ স্থল। তাহাদিগের উপর যত চাপ দেওয়া যায় তাহাদের আয়-

তনও তত হ্রাস হইয়া আইসে। কিন্তু সমধিক চাপ প্রাপ্ত হইলে প্রায় সমস্ত বায়বীয় পদার্থই তরলাবস্থা প্রাপ্ত হয়।

চাপ দিয়া কঠিন বস্তুকেও সঙ্কুচিত করিতে পারা যায়। তুলা, পাট, কাগজ, কাষ্ঠ প্রভৃতি কয়েকটী দ্রব্য অতিশয় আকুঞ্চনীয়। কিন্তু সমধিক নিপীড়িত হইলে অনেক বস্তুই ভগ্ন ও চূর্ণ হইয়া যায়। বহুকাল পর্য্যন্ত লোকের এরূপ বিশ্বাস ছিল, তরল বস্তুদিগের আকুঞ্চনীয়তা গুণ নাই। কিন্তু ইহা সম্পূর্ণ ভ্রমাত্মক; বলিতে কি, কঠিন পদার্থ অপেক্ষাও তরল পদার্থ সকল অধিক আকুঞ্চনীয়।

যে গুণ থাকাতে বস্তু সকল প্রসারিত হয় তাহাকে প্রসারণীয়তা কহে, ইহা পূর্ব্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। উত্তাপ পাইলে দ্রব্যাদি বিস্তৃত হয়, ইহা সকলেই প্রত্যক্ষ করিয়াছেন। সুবর্ণ ও প্লাটিনম্ যে এত ঘন ও ভারি তথাপি উত্তপ্ত হইলে বিস্তৃত হয়। জলপূর্ণ পাত্রে উত্তাপ দিলে তাহা হইতে কিঞ্চিত জল উচ্ছ্বসিত হইয়া পড়ে। যাঁহারা তাপমান যন্ত্র দেখিয়াছেন, তাপের তারতম্য বশতঃ পারদের পরিমাণের কিরূপ হ্রাস বৃদ্ধি হয় তাহা তাঁহাদিগের অবিদিত নাই। বায়বীয় বস্তু সকলও তাপ পাইলে বিলক্ষণ প্রসারিত হয়। যদি কোন বায়ুপূর্ণ চর্ম্মমশকের মুখ বন্ধ করিয়া অগ্নির উপর ধরা যায়, তাহা হইলে অমনি উহা প্রসারিত হইয়া বায়ুর প্রসারণীয়তা গুণের পরিচয় প্রদান করে।

এক্ষণে বিবেচনা করা কর্ত্তব্য পরমাণুগণ নিত্য ও অপরিণামী। তাহাদিগের সঙ্কোচ ও বিকাশ কোন ক্রমেই সম্ভাবিত নহে; অথচ এমন একটী বস্তুও দেখিতে পাওয়া যায় না যাহার আয়তনের হ্রাস বৃদ্ধি না হয়। ইহার মীমাংসা করণার্থে পদার্থবিৎ পণ্ডিতেরা স্বীকার করেন যে পরমাণুগণের মধ্যে কিঞ্চিৎ কিঞ্চিৎ অবকাশ আছে; এবং ঐ অবকাশের হ্রাস বৃদ্ধি অনুসারে বস্তুমাত্রেই কখন আকুঞ্চিত, কখন বা প্রসারিত হয়, পরমাণুগণ যেমন তেমনই থাকে।

৯ সান্তরতা। যে গুণ বশতঃ জড় বস্তুর পরমাণুগণের মধ্যে কিঞ্চিৎ কিঞ্চিৎ অবকাশ বা অন্তর থাকে তাহাকে সান্তরতা কহে। তাবৎ বস্তুই সান্তর অর্থাৎ ছিদ্রবিশিষ্ট। প্রত্যক্ষ ও অপ্রত্যক্ষ ভেদে ছিদ্র দ্বিবিধ। স্পঞ্জ প্রভৃতি কয়েক প্রকার বস্তুর ছিদ্র আমাদের ইন্দ্রিয়-গ্রাহ্য, এই নিমিত্ত ঐ সকল ছিদ্রকে প্রত্যক্ষ ছিদ্র বলে। কিন্তু স্বর্ণ, রৌপ্য, তাম্র প্রভৃতির ছিদ্র ইন্দ্রিয় গ্রাহ্য নহে। একারণ ঐ সকল ছিদ্রকে অতীন্দ্রিয় বা অপ্রত্যক্ষ ছিদ্র বলে। শেষোক্ত প্রকার ছিদ্রকে কেহ কেহ প্রাকৃতিক ছিদ্রও বলিয়া থাকেন।

১৬৬১ খৃষ্টাব্দে ফ্লরেন্স নগরে একটী সুপ্রসিদ্ধ পরীক্ষা দ্বারা স্বর্ণের সচ্ছিদ্রতা গুণ নিরূপিত হইয়াছিল। তথাকার দার্শনিকগণ একটী জলপূর্ণ স্বর্ণ গোলকের উপর অত্যন্ত চাপ দিয়া দেখিতে পাইয়াছিলেন যে, তন্মধ্যস্থ জল স্বর্ণ ভেদ করিয়া স্বেদ বিন্দু রূপে বাহিরে

নির্গত হইয়াছিল। অন্যান্য অনেক ধাতুর স্বচ্ছিদ্রতা গুণও এই রূপে পরীক্ষিত হইয়াছে।

১০ স্থিতিস্থাপকতা। যে গুণ থাকাতে কোন জড় বস্তুকে আকুঞ্চিত করিয়া ছাড়িয়া দিলে সেই বস্তু প্রসারিত হইয়া পুনর্ব্বার পূর্ব্ব আয়তন প্রাপ্ত হয়, তাহার নাম স্থিতিস্থাপকতা। বায়বীয় বস্তুসকল সর্ব্বাপেক্ষা স্থিতিস্থাপক। একটী বায়ুপূর্ণ ক্ষুদ্র বেলুনের মুখ বন্ধ করিয়া যদি চাপ দেওয়া যায় তাহা হইলে তন্মধ্যস্থ বায়ু সঙ্কুচিত হয়, কিন্তু ছাড়িয়া দিলেই পুনরায় পূর্ব্ববৎ স্ফীত হইয়া উঠে। কঠিন পদার্থের স্থিতিস্থাপকতা গুণ অপেক্ষাকৃত অনেক অল্প এবং সকল কঠিন দ্রব্যও সমান স্থিতিস্থাপক নহে। রবর, বেত্র, কাচ, গজদন্ত ও মার্ব্বল প্রস্তরের স্থিতিস্থাপকতা গুণ নিতান্ত অল্প নহে। ইস্পাত নির্ম্মিত স্প্রীংও বিলক্ষণ স্থিতিস্থাপক। সীসক, গন্ধক, মৃত্তিকাদিতে এই গুণ কিঞ্চিন্মাত্রও দৃষ্ট হয় না।

অনেকেই দেখিয়া থাকিবেন, কলিকাতার ভূদার্শনিক চিত্রশালিকায় এক খানি প্রস্তর আছে, তাহাকে টানিয়া নোয়াইতে পারা যায়, কিন্তু ছাড়িয়া দিলে পুনর্ব্বার পূর্ব্ববৎ সরল হয়। এই প্রস্তর খানি প্রায় দুই হস্ত দীর্ঘ ও এক হস্ত প্রশস্ত। লোকে ইহাকে "নমনীয় বালুকা প্রস্তর" বলে।

১১ চালনীয়তা, নিশ্চেষ্টতা। যেগুণ থাকাতে জড় দ্রব্য চালিত হয়, তাহার নাম চালনীয়তা। যদি কোন জড়াত্মক দ্রব্য স্থির হইয়া থাকে, তাহা হইলে অন্যদীয় বল প্রয়োগ ব্যতিরেকে সে কখনই সচল হইতে পারে না, এবং

চালিত হইলে আপনা হইতে স্থির হইতেও পারে না। যে গুণ থাকাতে জড় বস্তু আপনা হইতে চলিতে পারে না এবং চালিত হইলে স্বয়ং স্থির হইতেও পারে না তাহার নাম নিশ্চেষ্টতা।

জড় দ্রব্য আপনি চলিতে পারে না এবং চালিত হইলেও ক্রমে ক্রমে স্থির হইয়া আইসে, ইহা দেখিয়া আপাততঃ বোধ হইতে পারে, স্থির থাকাই জড়ের স্বাভাবিক ধর্ম্ম। এই নিমিত্তই প্রাচীন পণ্ডিতগণ বাহ্য বস্তু সকলকে "জড়" অর্থাৎ নিশ্চল এই নাম প্রদান করিয়াছিলেন। ফলতঃ জড় নিশ্চেষ্ট; ইহাকে চালাও চলিবে, স্থির করিয়া রাখ স্থির থাকিবে। যদি কোন জড় বস্তু এক বার চালিত হয় তাহা হইলে সে স্বয়ং ঐ গতি নিবারণ করিয়া কখনই স্থির হইতে পারে না। তবে যে আমরা চালিত বস্তুর চির সচলতা দেখিতে পাই না, অন্যান্য বস্তুর প্রতিবন্ধকতাই তাহার কারণ।

যেখানে প্রতিবন্ধক যত অল্প সেখানে চালিত হইলে জড় বস্তু তত অধিক দূর চলে। বন্ধুর ভূমিতে একটী ভাঁটা গড়াইয়া দিলে শীঘ্রই স্থির হয়, কিন্তু মার্ব্বল প্রস্তর নির্ম্মিত ঘরের মেজেতে তদপেক্ষা অনেক দূর চলে, ইহার কারণ এই, প্রথম স্থলে যত ঘর্ষণ, দ্বিতীয় স্থলে তাহা অপেক্ষা অনেক কম। অতএব যেখানে কিছুমাত্র ঘর্ষণ বা অন্য কোন প্রতিবন্ধক নাই সেখানে কোন দ্রব্যকে চালাইলে যে উহা আরব্যোপন্যাসোক্ত মন্ত্রপূত পাত্রের ন্যায় চিরকাল সমভাবে চলিবে তাহার সন্দেহ কি?

যদিও ভূতলস্থ কোন বস্তুই চিরসচল বা অপ্রতিহত গতি সম্পন্ন নহে, তথাপি নভোমণ্ডলস্থ গ্রহ নক্ষত্রাদির মধ্যে অপ্রতিহত গতির সবিশেষ উদাহরণ প্রাপ্ত হওয়া যায়। ইহারা স্ব স্ব নির্দ্দিষ্ট পথে নিরত সমভাবে পরিভ্রমণ করিতেছে। সৃষ্টি কালে যেরূপ বেগে চালিত হইয়াছিল, অদ্যাপিও বোধ হয় ঠিক সেইরূপ বেগে চলিতেছে।

নিশ্চেষ্টতা বিষয়ক কয়েকটী উদাহরণ নিম্নে প্রদর্শিত হইতেছে।

যদি কোন দ্রুতগামী শকট হইতে কেহ অবতরণ বাসনায় লম্ফ প্রদান করেন তাহা হইলে তাঁহার পদদ্বয় ভূমি সংলগ্ন হইয়া গতি শূন্য হয়, কিন্তু তাঁহার আর সমুদয় শরীর পূর্ব্ববৎ বেগবিশিষ্ট থাকাতে তিনি দণ্ডায়মান থাকিতে না পারিয়া যে দিকে গাড়ি চলিতেছিল সেই দিকে পতিত হন।

কোন শকটের উপর যদি কেহ দণ্ডায়মান থাকেন, আর তাহা হঠাৎ চলিতে আরম্ভ করে তাহা হইলে, তাঁহার পদদ্বয় বেগ প্রাপ্ত হইয়া চালিত হয়, কিন্তু তাঁহার শরীরের উর্দ্ধভাগ গতি রহিত থাকাতে তিনি পশ্চাৎ দিকে পতিত হন। আর যদি কোন চলিষ্ণু শকট হঠাৎ স্থির হয় এবং তাহার ভিতর কেহ দাঁড়াইয়া থাকেন তাহা হইলে তাঁহার পায়ের বেগ নষ্ট হয়, কিন্তু আর সমুদায় শরীরের বেগ পূর্ব্ববৎ থাকাতে তিনি সম্মুখ দিকে পতিত হন।

যদি কোন অশ্ব হঠাৎ চলিতে আরম্ভ করে তাহা হইলে, আরোহী তাহার পশ্চাৎ ভাগে পতিত হন; এবং ধাবমান অশ্ব অকস্মাৎ স্থির হইলে তাঁহাকে তাহার গ্রীবার উপর পতিত হইতে হয়।

২ য় পরিচ্ছেদ।

জড়ের বিশেষ ধর্ম্ম।

১২। জড় বস্তু সম্বন্ধীয় যে সকল গুণ বর্ণিত হইল তাহা কি কঠিন, কি তরল, কি বায়বীয় সমুদায় দ্রব্যেই লক্ষিত হয়, এজন্য তাহাদিগকে জড়ের সাধারণ গুণ কহে। তদ্ব্যতীত আর কতকগুলি গুণ আছে তাহারা জড় দ্রব্যের বিশেষ বিশেষ অবস্থায় দৃষ্ট হয়, এই নিমিত্ত তাহাদিগকে জড়ের বিশেষ বা অসাধারণ গুণ বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়। আমরা এক্ষণে সংঘাত কঠিন পদার্থ সংক্রান্ত কয়েকটী বিশেষ ধর্ম্মের বর্ণনে প্রবৃত্ত হইলাম।

১৩ কাঠিন্য। যে গুণ থাকাতে এক বস্তু অন্য বস্তু দ্বারা সহসা অঙ্কিত হয় না তাহাকে কাঠিন্য বলে। যদি দুইটী বস্তু এরূপ হয় যে, তাহাদিগের একের দ্বারা অপরটীকে অঙ্কিত করিতে পারা যায়, তাহা হইলে প্রথমটীকে দ্বিতীয়টী অপেক্ষা কঠিন বলা যায়। বস্তুতঃ কাঠিন্য একটী আপেক্ষিক গুণমাত্র। এক বস্তুর সহিত তুলনা করিলে যাহাকে কঠিন বলিয়া বোধ হয়, তাহাকেই আবার অন্য এক বস্তুর সহিত তুলনায় অতিশয় মৃদু বলিয়া বিবেচনা

হইয়া থাকে। কাচকে ছুরির দ্বারা অঙ্কিত করিতে পারা যায় না; কিন্তু হীরক দ্বারা অনায়াসে কাটিতে পারা যায়। সুতরাং কাচ ইস্পাত অপেক্ষা কঠিন ও হীরক অপেক্ষা মৃদু। সংসারে এমন বস্তুই অপ্রসিদ্ধ যাহা হীরক দ্বারা অঙ্কিত হয় না; কিন্তু হীরককে অঙ্কিত করিতে পারে এমন বস্তু কুত্রাপি দেখিতে পাওয়া যায় না। ফলতঃ হীরক সর্ব্বাপেক্ষা কঠিন পদার্থ।

কাঠিন্যের সহিত ঘনত্বের কোন সম্পর্ক নাই। অধিক ঘন কি অধিক ভারী হইলেই যে অধিক কঠিন হয়, এমত নহে। স্বর্ণ ও প্লাটিনম্ কাচ অপেক্ষা অনেক ভারী, কিন্তু তাদৃশ কঠিন নহে। ইস্পাত কাঞ্চন অপেক্ষা লঘু, কিন্তু তদপেক্ষা বিলক্ষণ কঠিন।

কতকগুলি ধাতুকে ইচ্ছামত কঠিন ও মৃদু করা যাইতে পারে। ইস্পাতকে অত্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া সহসা জলমগ্ন করিলে, উহা কাচ অপেক্ষা কঠিন হইয়া উঠে; কিন্তু ক্রমে ক্রমে শীতল করিলে অপেক্ষাকৃত মৃদু হয়।

১৪ ভঙ্গপ্রবণতা। যে গুণ থাকাতে কোন কোন দ্রব্য অল্পাঘাতেই খণ্ড খণ্ড হইয়া যায়, তাহার নাম ভঙ্গপ্রবণতা। কঠিন পদার্থ মাত্রই অতিশয় ভঙ্গপ্রবণ। কাচ যেমন কঠিন তেমনি ভঙ্গপ্রবণ। লৌহ, পিত্তল, তাম্র প্রভৃতি বস্তুকে উত্তপ্ত করিয়া সহসা শীতল করিলে অত্যন্ত ভঙ্গপ্রবণ হয়।

১৫ আঘাতসহত্ব। যে গুণ থাকাতে কতকগুলি বস্তু আঘাত প্রাপ্ত হইলে ভগ্ন না হইয়া পার্শ্বের দিকে বিস্তৃত

হয় তাহাকে আঘাতসহত্ব বলে। এই গুণ না থাকিলে কোন বস্তুকে পিটিয়া পাত প্রস্তুত করিতে পারা যাইত না। ধাতু দ্রব্য মাত্রেই আঘাতসহ, কিন্তু সকল ধাতু সমান আঘাতসহ নহে। সীসক, রাঙ্, স্বর্ণ, দস্তা, রৌপ্য, তাম্র, প্লাটিনম্‌, লৌহ ইহারা সকলেই বিলক্ষণ আঘাতসহ; কিন্তু পূর্ব্ব পূর্ব্বটী অপেক্ষা উত্তর উত্তরটীকে পিটিয়া সহজে পাত প্রস্তুত করিতে পারা যায়। পরন্তু স্বর্ণকে পিটিয়া যাদৃশ সূক্ষ্ম পাত প্রস্তুত করা যাইতে পারে, আর কোন দ্রব্যকে পিটিয়া তাদৃশ সূক্ষ্ম পাত করিতে পারা যায় না। পূর্ব্বেই উল্লিখিত হইয়াছে, স্বর্ণের পাত এমন পাতলা হইতে পারে যে তাহার দশলক্ষ খানি উপর্য্যুপরি রাখিলেও এক বুরুল ঘন হয় না।

দ্রব্যের উষ্ণতা অনুসারে আঘাতসহত্ব গুণের তারতম্য হইয়া থাকে। কাচ যে এত ভঙ্গপ্রবণ তাহাও সমধিক উষ্ণ হইলে আঘাতসহ হয়। ৩০০° বা ৪০০° তাপাংশ পরিমাণে উষ্ণ হইলে দস্তাও যার পর নাই আঘাতসহ হইয়া উঠে। লৌহও অত্যন্ত উত্তপ্ত হইলে এই গুণ প্রাপ্ত হয়। কিন্তু সীসক ও তাম্র যখন শীতল থাকে তখনই তাহাদিগকে পিটিয়া উত্তম পাত প্রস্তুত করা যাইতে পারে।

১৬ তান্তবতা। যে গুণ থাকাতে কতকগুলি দ্রব্যকে টানিয়া তন্তু অর্থাৎ তার প্রস্তুত করিতে পারা যায় তাহার নাম তান্তবতা। আঘাতসহত্ব গুণের সহিত তান্তবতা গুণের কোন সম্পর্ক নাই। যাহার পাতলা পাত হয়, তাহারই যে সরু তার হয়, এমন নয়। লৌহের

অতিশয় সূক্ষ্ম তার হয়, কিন্তু তাদৃশ সূক্ষ্ম পাত হয় না। টিন ও সীসকে পিটিয়া উত্তম পাত প্রস্তুত করা যায়, কিন্তু ইহাদিগকে টানিয়া তার প্রস্তুত করিতে পারা যায় না। প্লাটিনম্‌, রৌপ্য, তাম্র, স্বর্ণ, দস্তা, টিন, সীস ইত্যাদিগের মধ্যে পূর্ব্ববর্ত্তীগুলি অপেক্ষা পরবর্ত্তী গুলিতে এই গুণ ক্রমশঃ অল্প পরিমাণে লক্ষিত হয়। বস্তুতঃ প্লাটিনম্‌ নামক ধাতুর তান্তবতা গুণ সর্ব্বাপেক্ষা অধিক। ডাক্তার উয়ালষ্টন্‌ সাহেব ইহার এরূপ সূক্ষ্ম তার প্রস্তুত করিয়াছিলেন যে, তাহার ব্যাস এক বুরুলের এক লক্ষ ভাগের তিন ভাগ মাত্র।

১৭ টানসহত্ব। যে গুণ থাকাতে কতগুলি বস্তুকে টানিয়া সহজে ছিন্ন করিতে পারা যায় না, তাহার নাম টানসহত্ব। যে বস্তু সহজে ভগ্ন হয় তাহাকেই যে সহজে ছিন্ন করিতে পারা যায় এমন নয়। কাচকে অনায়াসেই ভাঙ্গিতে পারা যায়, কিন্তু তাহাকে টানিয়া ছিন্ন করা তাদৃশ সহজ নহে। কাচের উপরে ভার চালাইয়া দিলে শীঘ্র ভগ্ন হইয়া যায়, কিন্তু উহারে লম্বভাবে ধরিয়া অগ্রভাগে ভার ঝুলাইয়া দিলে সহজে ছিঁড়িয়া পড়ে না। বস্তুতঃ যে বস্তুর টানসহত্ব গুণ অধিক, তাহা অধিক ভার সহিতে পারে, আর যাহার টানসহত্ব গুণ অল্প তাহা অল্প ভার সহিতে পারে। পাট, শন, চর্ম্ম প্রভৃতি কয়েকটী দ্রব্যে এই গুণ সমধিক পরিমাণে দৃষ্ট হয়।

দ্বিতীয় অধ্যায়।

১ম পরিচ্ছেদ।

আণবিক শক্তি।

১৮ আণবিক আকর্ষণ ও আণবিক বিকর্ষণ ভেদে আণবিক শক্তি দ্বিবিধ। যে শক্তিদ্বারা জড়পদার্থের অণু সকল পরস্পরের নিকটস্থ হয় তাহার নাম আণবিক আকর্ষণ, আর যদ্দ্বারা তাহারা পরস্পরের দূরবর্ত্তী করে তাহার নাম আণবিক বিকর্ষণ। আণবিক বিকর্ষণ বোধ হয় তাপের নামান্তর মাত্র। কিন্তু আণবিক আকর্ষণ যে কি, তাহা আমরা নিশ্চয় বলিতে পারি না। পরমাণুদিগের আকর্ষণ ও বিকর্ষণের তারতম্যানুসারে জড় বস্তু সকল কখন বা কঠিন, কখন বা তরল ও কখন বা বায়বীয় আকার ধারণ করে। আণবিক বিকর্ষণ অপেক্ষা আণবিক আকর্ষণ প্রবল হইলে কাঠিন্যের সঞ্চার হয়, উভয়ের পরাক্রম সমান হইলে সকল বস্তুই তরলাকার ধারণ করে; আর আণবিক আকর্ষণ অপেক্ষা আণবিক বিকর্ষণের প্রভাব অধিক হইলে দ্রব্যমাত্রই বাষ্প হইয়া যায়।

সংহতি, সংসক্তি ও সম্বন্ধ ভেদে আণবিক আকর্ষণ ত্রিবিধ। (যদ্দ্বারা স্বজাতীয় পরমাণুগণ পরস্পরকে আকর্ষণ করিয়া সংযুক্ত হয় তাহার নাম সংহতি।) যে শক্তিপ্রভাবে সন্নিকৃষ্ট পদার্থদ্বয়ের পরমাণু সকল মিলিত অর্থাৎ

সংসক্ত হয়, তাহাকে সংসক্তি বলে। আর যাহার দ্বারা ভিন্ন জাতীয় পরমাণু সকল সংযুক্ত হইয়া গুণান্তর প্রাপ্ত হয় তাহার নাম (রাসায়নিক) সম্বন্ধ।

আমরা সম্প্রতি সংক্ষেপে সংহতি, সংসক্তি ও সম্বন্ধের বিবরণ লিখিতে প্রবৃত্ত হইলাম।

১৯ সংহতি। জড় বস্তু সকল অতি সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম অণু সমূহের সমষ্টি মাত্র, ইহা পূর্ব্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। যে শক্তি দ্বারা ঐ সকল অণু একত্র হইয়া থাকে তাহারই নাম সংহতি। সংহতির পরাক্রম তাদৃশ অধিক হইলে সঙ্ঘাত-কঠিন ভাবের সঞ্চার হয়। কঠিন অপেক্ষা তরলাবস্থায় সংহতির প্রভাব অনেক অল্প: এবং বায়বীয় অবস্থায় তাহার আর কোন লক্ষণই লক্ষিত হয় না। উষ্ণতার যত বৃদ্ধি হয় সংহতির পরাক্রম ও তত হ্রাস হইয়া আইসে; এই নিমিত্ত উত্তপ্ত হইলে কঠিন পদার্থ দ্রব ও দ্রব দ্রব্য বাষ্প হইয়া যায়। বরফ, জল ও জলীয় বাষ্প তিনই এক পদার্থের ভিন্ন ভিন্ন রূপ মাত্র। যখন সংহতির আধিক্য হয় তখন জল জমিয়া বরফ হয়, আর যখন উষ্ণতার সমধিক বৃদ্ধি হওয়াতে সংহতির বল নিতান্ত কম হইয়া আইসে তখন উহা বাষ্পাকার ধারণ করে। আমরা জলের যেরূপ ত্রিবিধাবস্থা প্রত্যক্ষ করি যদিও অন্যান্য সমুদায় দ্রব্যের সেরূপ তিনি অবস্থা দেখিতে পাই না, তথাপি জড় দ্রব্য মাত্রই যে এই তিন অবস্থা ধারণ করিতে সমর্থ, তাহার সন্দেহ নাই। অত্যন্ত উত্তপ্ত হইলে লৌহও দ্রব হয়, এবং কালক্রমে তাপ সংযোগে

তাহাকেও বাষ্পরূপে পরিণত করিতে পারা যাইবে, তাহার সংশয় নাই। শীতল করিয়া অনেক গুলি বায়বীয় দ্রব্যকে তরল করা গিয়াছে; এবং এমন কি, কয়েকটীর কঠিন অবস্থা পর্য্যন্ত দৃষ্ট হইয়াছে।

পরমাণুগণের ভিন্ন ভিন্ন প্রকার বিনিবেশ বশতঃ সংহতির অনেক তারতম্য হইয়া থাকে; এবং তন্নিবন্ধন কঠিন পদার্থদিগের ভারসহত্ব, কাঠিন্য, আঘাতসহত্বাদি গুণেরও অনেক ইতর বিশেষ দৃষ্ট হয়।

যে স্থানে তরল পদার্থ অধিক পরিমাণে থাকে সেস্থানে মাধ্যাকর্ষণেরই প্রভাব অধিক, এজন্য তথায় তরল দ্রব্যের কোন নির্দ্দিষ্ট আকার দৃষ্ট হয় না। কিন্তু যেখানে কোন তরল বস্তু অতিশয় অল্প পরিমাণে থাকে, সেখানে সংহতির বলে উহা গোলাকৃতি প্রাপ্ত হয়। যিনি প্রাতঃকালীন পরমরমণীয় মুক্তাফলসদৃশ তুহিনকণিকা সকল অবলোকন করিয়াছেন, সংহতি প্রভাবে তরল পদার্থের কি প্রকার আকার হয় তাহা তাঁহার অবিদিত নাই। যদি কোন কঠিন বস্তু কোন তরল বস্তু কর্ত্তৃক আর্দ্র না হয়, তাহা হইলে সেই কঠিন বস্তুর উপর ঐ তরল বস্তুকে রাখিলে উহা অমনি গোলাকার ধারণ করে। কাষ্ঠের উপরে পারা, কি পদ্মপত্র বা কচুরপাতার উপরে জল নিক্ষিপ্ত হইলে, ইহার উত্তম উদাহরণ প্রাপ্ত হওয়া যায়। সংহতি নিবন্ধন তরল বস্তুর গোলাকার হইয়া থাকে, ইহা প্লাতো ও টমলিন্সন নামক দুই জন পণ্ডিত নানাবিধ সুচারু পরীক্ষাদ্বারায় প্রতিপন্ন করিয়াছেন।

চন্দ্র, সূর্য্য, গ্রহ নক্ষত্রাদির গোলাকৃতি দেখিয়া অনেক অনুমান করেন, তাহারাও এককালে তরল ভাবে ছিল।

২য় পরিচ্ছেদ।

সংসক্তি।

২০। যে শক্তি দ্বারা সন্নিকৃষ্ট বস্তুদ্বয়ের পরমাণু সকল আকৃষ্ট হইয়া সম্মিলিত বা সংসক্ত হয়, তাহার নাম সংসক্তি। যখন কোন দুইটী বস্তু পরস্পরের এত নিকটস্থ হয় যে উহারা পরস্পরকে স্পর্শ করিতেছে বলিয়া বোধ হয়, তখন সংসক্তি প্রভাবে কখন কখন তাহারা এরূপ মিলিত হইয়া যায় যে, তাহাদিগকে সহজে বিচ্ছিন্ন করিতে পারা যায় না। কি কঠিন, কি তরল, কি বায়বীয় সকল অবস্থাতেই জড়পদার্থ সমুদায় সংসক্তি প্রভাবে পরস্পরের সহিত মিলিত হয়। নিম্নে ইহার কতিপয় উদাহরণ প্রদর্শন করা যাইতেছে।

২১। ১মতঃ। কঠিন দ্রব্যের সহিত কঠিন দ্রব্যের সংসক্তি। দুই খানি অতি মসৃণ সীসকের পাত অথবা পরিষ্কার কাচ উপর্য্যুপরি রাখিয়া চাপিলে এরূপ মিলিত হইয়া যায় যে, পুনরায় তাহাদিগকে সহজে বিচ্ছিন্ন করিতে পারা যায় না। এক খানি তীক্ষ্ণ ছুরিকা দ্বারা এক খণ্ড রবরকে কাটিয়া, যদি কর্ত্তিত মুখ দুইটী ধরিয়া অবিলম্বে চাপ দেওয়া যায়, তাহা হইলে

তাহারা মিলিয়া পুনর্ব্বার এক হইয়া যায়। যেরূপ সীসকের সহিত সীসকের, কাচের সহিত কাচের, রবরের সহিত রবরের সংসক্তি আছে, সেইরূপ এক জাতীয় দ্রব্যের সহিত ভিন্ন জাতীয় দ্রব্যেরও সংসক্তি দেখিতে পাওয়া যায়। সীসকের পাত টিনের পাতের সহিত, ও রৌপ্যের পাত তাম্র পাতের সহিত সংসক্ত হয়। এক জাতীয় দ্রব্যের সহিত অন্য জাতীয় দ্রব্যের সংসক্তি না থাকিলে পেন্সিল দ্বারা কাগজে, কি খড়ি দিয়া বোর্ডে লিখিতে আমরা কখনই সমর্থ হইতাম না।

২য়তঃ। কঠিন দ্রব্যের সহিত তরল দ্রব্যের সংসক্তি। জলে অঙ্গুলি মগ্ন করিয়া তুলিয়া লইলে উহার অগ্রভাগে যে এক বিন্দু জল সংলগ্ন থাকে অঙ্গুলির সহিত জলের সংসক্তিই তাহার কারণ। জলের সহিত বস্ত্র, কাষ্ঠ, কাচ প্রভৃতি দ্রব্যের সংসক্তি থাকাতেই তাহারা তৎকর্ত্তৃক সিক্ত হয়। কিন্তু পারদের সহিত সেরূপ সংসক্তি না থাকাতে তদ্দ্বারা আর্দ্র হয় না। ফলতঃ সংসক্তি না থাকিলে কঠিন বস্তু সকল তরল বস্তু কর্ত্তৃক কখনই আর্দ্র হইত না। চিনি ও লবণের সহিত জলের সংসক্তি থাকাতে তাহারা উহাতে দ্রব হয়। কর্পূরের সহিত জলের সংসক্তি নাই, এজন্য কর্পূর জলে দ্রব হয় না। কিন্তু সুরার পরমাণুর সহিত কর্পূরের পরমাণুর সংসক্তি নিবন্ধন উহা সুরাতে দ্রব হইয়া থাকে।

৩য়তঃ। কঠিন দ্রব্যের সহিত বায়বীয় দ্রব্যের সংসক্তি। যেরূপ কঠিন ও তরলদ্রব্যের কঠিন

দ্রব্যের সহিত সংসক্তি হয়, বায়বীয় বস্তুর সহিতও সেই রূপ হইয়া থাকে যদিও লৌহ জল অপেক্ষা আটগুণ ভারী তথাপি বায়ুর সহিত সংসক্ত থাকায় লৌহ চূর্ণ আস্তে আস্তে জলে নিক্ষিপ্ত হইলে মগ্ন না হইয়া ভাসিতে থাকে। অঙ্গারের সহিত নানাবিধ বাষ্পীয় পদার্থের সংসক্তি প্রযুক্ত চিকিৎসালয়ে দুর্গন্ধময় বায়ু নষ্ট করিবার জন্য কয়লা পূর্ণ ঝুড়ি টাঙ্গাইয়া রাখে।

৪র্থতঃ। তরল দ্রব্যের সহিত তরল দ্রব্যের সংসক্তি। সুরার সহিত জল মিশ্রিত হয়; দুগ্ধও জলের সহিত মিশ্রিত হইয়া থাকে, কিন্তু তৈল ও জল মিশ্রিত হয় না। ইহার কারণ, সুরা ও দুগ্ধের সহিত জলের সংসক্তি আছে কিন্তু তৈলের সহিত উহার সংসক্তি নাই।

৫মতঃ। তরল দ্রব্যের সহিত বায়বীয় পদার্থের সংসক্তি। জলাদিতে অনেকগুলি বায়বীয় দ্রব্য দ্রব হইয়া থাকে; কিন্তু সকল বায়ু সমান পরিমাণ দ্রব হয় না। এক ভাগ জলে ৫০০ শত ভাগ আমোনিয়া বায়ু দ্রব হয়। কিন্তু ১০০ এক শত ভাগ জলে ৩. ভাগ মাত্র অম্লজান বায়ু দ্রব হইয়া থাকে।

২৩ কৈশিকতা। কৈশিক উন্নতি ও কৈশিক অবনতি ভেদে কৈশিকতা দ্বিবিধ। কেশ সদৃশ সূক্ষ্ম ছিদ্র সম্পন্ন কোন একটী কাচ নির্ম্মিত নলের উভয় মুখই অনাচ্ছাদিত রাখিয়া, লম্বভাবে জলমগ্ন করিলে উহার ঠিক পার্শ্বদেশে ও অভ্যন্তরে জল কিঞ্চিৎ উন্নত

হইয়া উঠে। যে নলের ছিদ্র যত সূক্ষ্ম হয় তাহাতে জলের উন্নতিও তত অধিক হইয়া থাকে। যদি জলমগ্ন না করিয়া. পারাতে এ প্রকার নল নিমগ্ন করা যায়, তাহা হইলে উহার পার্শ্বদেশে ও অভ্যন্তরে পারদের অবনতি দেখা যায়। কেশসদৃশ সূক্ষ্ম ছিদ্র বিশিষ্ট (কৈশিক) নলে এই ব্যাপারটী দৃষ্ট হয় বলিয়া ইহার নাম কৈশিকতা। কৈশিক নলের অভ্যন্তরে কোন তরল পদার্থ উন্নত হইয়া উঠিলে তাহাকে কৈশিকোন্নতি, এবং অবনত হইয়া পড়িলে তাহাকে কৈশিকাবনতি কহে। যে শক্তি দ্বারা সূক্ষ্ম ছিদ্র বিশিষ্ট নলে জলাদি উন্নত হইয়া উঠে তাহাকে পূর্ব্বে কৈশিকাকর্ষণ বলিত। ফলতঃ কৈশিক উন্নতি ও অবনতি যে যথাক্রমে জল ও পারদের সহিত নলের সংসক্তির সম্ভাব ও অসম্ভাব নিবন্ধন হইয়া থাকে, তাহার সন্দেহ নাই। এই রূপ উন্নতি ও অবনতি স্থলে জল ও পারদাদির উপরি ভাগ যথাক্রমে ন্যুব্জাকার ও কুব্জাকার ধারণ করে।

স্পঞ্জ প্রভৃতি সচ্ছিদ্র দ্রব্যের কিয়দংশ মাত্র জলমগ্ন করিলেও যে সমুদায়টী আর্দ্র হইয়া যায়, এই কৈশিকতাই তাহার কারণ। উহাদিগের এক একটী ছিদ্র এক একটী কৈশিক নলের স্বরূপ। এই নিমিত্ত তন্মধ্য দিয়া জল উত্থিত হয়। কোন পাত্রে একটী লবণ পিণ্ড স্থাপন করিয়া, তাহার নীচে কিঞ্চিৎ তুঁতের জল ঢালিয়া দিলে উহা তাহার ঊর্দ্ধদেশ পর্য্যন্ত উত্থিত হইয়া ক্রমে ক্রমে সমুদায়টীকে নীল বর্ণ করে। যদি কোন পাত্রে কিঞ্চিৎ জল রাখিয়া তাহাতে

এক গোছা কার্পাসসূত্র এ প্রকারে স্থাপন করা যায় যে, উহার এক প্রান্ত জলে মগ্ন থাকে ও অপর প্রান্ত তদপেক্ষা নিম্নে অন্য একটী পাত্র মধ্যে স্থাপিত হয়, তাহা হইলে সূত্র দিয়া জল উঠিয়া ক্রমে ক্রমে দ্বিতীয় পাত্রে পড়ে।

এই কৈশিকতার প্রভাবেই প্রদীপের বর্ত্তি দিয়া তৈল উত্থিত হয় এবং মৃত্তিকা দিয়া জল উত্থিত হইয়া বৃক্ষাদির শরীর রক্ষা করে। এই কৈশিকতা বশতঃই বৃষ্টির জল ভূমিতে প্রবেশ করে এবং তাহা হইতে পুনরুত্থিত হইয়া প্রাচীরাদি আর্দ্র করে।

২৬। অন্তর্ব্বাহ ও বহির্ব্বাহ। এই স্থলে অন্তর্ব্বাহ ও বহির্ব্বাহ সম্বন্ধে কিঞ্চিৎ বলা আবশ্যক। যদি তরলপদার্থ-পরিপূর্ণ পাত্রের একমুখ সূক্ষ্ম চর্ম্মাবৃত হইয়া অন্য এক প্রকার তরলপদার্থ পরিপূর্ণ পাত্রে নিমগ্ন করা যায়; আর যদি ঐ দুইটী তরলপদার্থের পরস্পরের সহিত সংসক্তি থাকে, তাহা হইলে চর্ম্মের মধ্যদিয়া একটী প্রবাহ বাহির হইতে ভিতরে প্রবেশ করে, এবং আর একটী প্রবাহ ভিতর হইতে বাহিরে আইসে। এই দুইটী প্রবাহকে অন্তর্ব্বাহ ও বহির্ব্বাহ বলে।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ।

রাসায়নিক সম্বন্ধ।

২৮। কতিপয় মূল পদার্থের পরস্পর সংযোগে এই বিশ্বসংসারস্থ যাবতীয় বস্তু বিরচিত হইয়াছে, ইহা

পূর্ব্বেই বলা গিয়াছে। যেরূপ বর্ণমালার কয়েকটী বর্ণ সংযোগে যাবতীয় শব্দই লিখিত হইতে পারে, সেই রূপ ৬৪ প্রকার মূল পদার্থ হইতে নিখিল দ্রব্যের উৎপত্তি হইয়াছে। এই কয়েকটী দ্রব্যের ভিন্ন ভিন্ন প্রকার সংযোগে ভিন্ন ভিন্ন দ্রব্যের উৎপত্তি হয়। সংসারে এমন বস্তুই নাই যাহা ইহাদের এক, দুই বা তদধিক পদার্থ ঘটিত নহে। যে বস্তু মূল পদার্থ নয়, তাহা অন্ততঃ দ্বিবিধ মূল পদার্থ সংযোগে সমুৎপন্ন হইয়াছে।

২৯। যে শক্তি দ্বারা ভিন্ন ভিন্ন দ্রব্যের পরমাণু সকল পরস্পর আকৃষ্ট হইলে, সর্ব্বতোভাবে ভিন্ন ধর্ম্মাক্রান্ত একটী নূতন পদার্থের উৎপত্তি হয়, তাহাকে রাসায়নিক আকর্ষণ বা রাসায়নিক সম্বন্ধ কহে। সংহতি প্রভাবে কেবল একজাতীয় পরমাণু সকল আকৃষ্ট হয়; কিন্তু সম্বন্ধ দ্বারা বিসদৃশ গুণ বিশিষ্ট পরমাণু সকল সংযুক্ত হইয়া থাকে।

সংহতি প্রভাবে গন্ধকের পরমাণু সকল গন্ধকের পরমাণুর সহিত এবং পারদের পরমাণু সকল পারদের পরমাণুর সহিত সম্বন্ধ হইয়া থাকে। কিন্তু সম্বন্ধের প্রভাবে পারদের পরমাণু গন্ধকের পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইলে একটী স্বতন্ত্র পদার্থ উৎপন্ন হয়।

সংহতি দ্বারা একটী জলীয় অণু অন্য একটী জলীয় অণুর সহিত একত্র হইয়া থাকে; কিন্তু সম্বন্ধ দ্বারা দুইটী ভিন্ন ভিন্ন বায়বীয় দ্রব্যের পরমাণু সকল পরস্পর সংযুক্ত হইলে জলের উৎপত্তি হয়। মূল পদার্থের

পরমাণু সকল কেবল সংহতির অধীন, কিন্তু যৌগিক পদার্থের অণু সমূহ সংহতি ও সম্বন্ধ উভয়েরই অধীন।

সংসক্তি দ্বারা ভিন্ন জাতীয় অণু সকল আকৃষ্ট হয় বটে, কিন্তু তাহাদের গুণান্তর হয় না। পরন্তু রাসায়নিক সম্বন্ধে সম্বদ্ধ হইলে গুণের সম্পূর্ণ অন্যথা হয়। অম্লজান বায়ু, যবক্ষারজান বায়ুর সহিত মিশ্রিত হইলে, তাহাদের কাহারও কোন গুণের ব্যত্যয় হয় না; কিন্তু রাসায়নিক আকর্ষণ প্রভাবে উভয়ে সংযুক্ত হইলে সম্পূর্ণ গুণান্তর দৃষ্ট হয়। অম্লজান বায়ু দাহক ও অজ্জান বায়ু দাহ্য; কিন্তু এই দুয়ের রাসায়নিক সংযোগে যে জল উৎপন্ন হয়, তাহা না দাহক, না দাহ্য, প্রত্যুত অগ্নি নির্ব্বাপক। আমরা সর্ব্বদা যে লবণ আহার করি, তাহা ক্লোরিণ নামক বায়ু ও সোডিয়ম্ নামক ধাতু হইতে উৎপন্ন হইয়াছে; কিন্তু স্বতন্ত্রাবস্থায় এই উভয় দ্রব্যই প্রাণনাশক। আমরা যে বায়ুসাগরে নিমগ্ন রহিয়াছি তাহা অম্লজান ও যবক্ষারজান নামক দুইটী বায়ু মিশ্রিত হইয়া উৎপন্ন হইয়াছে; এজন্য বায়ুতে ইহাদিগের উভয়েরই গুণের উপলব্ধি হইয়া থাকে। কিন্তু এই দুয়েরই কোন বিশেষ পরিমাণে রাসায়নিক সংযোগ হইলে যে দ্রব্য জন্মে তাহার সহিত জলের সংযোগে যবক্ষারদ্রাবক নামে যে তরল পদার্থ জন্মে তাহা এরূপ তেজস্বী যে তাহাতে (স্বর্ণ ও প্লাটিনম্ ব্যতীত) তাবৎ ধাতুই দ্রব হয়। গন্ধক হরিদ্রা বর্ণ কঠিন পদার্থ এবং অম্লজান বর্ণহীন বায়ুবিশেষ; কিন্তু ইহা-দিগেরই রাসায়নিক সংযোগে যে দ্রব্য জন্মে তাহার

সহিত জলের সংযোগে গন্ধকদ্রাবক বা মহাদ্রাবকের উৎপত্তি হয়। এই মহাদ্রাবকের সহিত লৌহ সংযোগে উজ্জ্বল হরিত বর্ণ হীরাকষ উৎপন্ন হয়। তাম্র রক্ত বর্ণ, কিন্তু গন্ধকদ্রাবকে দ্রব হইলে যে তুঁতে উৎপন্ন হয়, তাহার বর্ণ গাঢ় নীল। অঙ্গার, অম্লজান, ও অজান ইহারা সকলেই স্বাদবিহীন; কিন্তু ইহাদিগেরই পরস্পর সংযোগে অতি সুস্বাদু শর্করা উৎপন্ন হয়। যে সকল পরমাণুগণের পরস্পর সংযোগে চিনি হয়, তাহাদেরই বিভিন্ন প্রকার বিনিবেশ বশতঃ স্বাদহীন গঁদ জন্মে। যবক্ষারজান ও অজান ইহারা উভয়েই গন্ধবিহীন. কিন্তু তদুৎপন্ন আমো-নিয়া অতি তীব্র গন্ধবিশিষ্ট। প্রায় যাবতীয় সুরভিদ্রব্যই অঙ্গারের সহিত অম্লজান ও অজান বায়ুর যোগে উৎপন্ন হয়। অতএব দৃষ্ট হইতেছে. রাসায়নিক সংযোগস্থলে জড়বস্তুর সম্পূর্ণ গুণান্তর হইয়া থাকে। বর্ণহীন দ্রব্য সকলের পরস্পর সংযোগে উত্তম উত্তম বর্ণবিশিষ্ট দ্রব্যের উৎপত্তি হয়। কোথাও বা একরূপ বর্ণ, বর্ণান্তরে পরিণত হয়; কোথাও বা স্বাদবিহীন দ্রব্য সংযোগে সুস্বাদু দ্রব্য জন্মে; এবং কোথাও বা গন্ধবিহীন বস্তু হইতে সুগন্ধি দ্রব্যের উৎপত্তি হয়।

৪র্থ পরিচ্ছেদ।

মহাকর্ষণ ও মাধ্যাকর্ষণ।

কি বৃহৎ কি ক্ষুদ্র, কি স্থূল কি সূক্ষ্ম, কি গুরু কি

লম্ব, এই বিশ্বসংসারস্থ তাবৎ বস্তুই নিয়ত পরস্পরকে আকর্ষণ করিতেছে। পৃথিবীস্থ তাবৎ বস্তুই পৃথিবীকর্তৃক আকৃষ্ট হইতেছে এবং তাহারাও পৃথিবীকে ও পরস্পরকে আকর্ষণ করিতেছে। এই আকর্ষণী শক্তি যে শুদ্ধ পৃথিবী ও পৃথিবীস্থ দ্রব্যের ধর্ম্ম, এমন নয়; চন্দ্র, সূর্য্য, গ্রহ, নক্ষত্রাদিতেও ইহা লক্ষিত হয়। ফলতঃ এই অসীম ব্রহ্মাণ্ডে এমন স্থান নাই যেখানে এই শক্তির প্রভাব অনুভূত না হয়।

যে শক্তি প্রভাবে জড়বস্তু সকল দূর হইতে পরস্পরকে আকর্ষণ করে তাহাকে মহাকর্ষণ কহে। আণবিক আকর্ষণ যে রূপ বস্তুসকল সন্নিকৃষ্ট না হইলে স্বীয় প্রভাব প্রকাশ করিতে সমর্থ হয় না, মহাকর্ষণ সেরূপ নহে। বহুদূরস্থ বস্তু সমূহও ইহার প্রভাবে আকৃষ্ট হইয়া থাকে। পৃথিবী সূর্য্য হইতে ৯,৫০,০০,০০০ নয় কোটি পঞ্চাশ লক্ষ মাইল অন্তরে থাকিয়াও যে উহার চতুর্দ্দিকে নিয়ত পরিভ্রমণ করিতেছে, মাধ্যাকর্ষণই তাহার কারণ। সূর্য্যের আকর্ষণ সূত্রে বদ্ধ না থাকিলে গ্রহ নক্ষত্রাদি উহার চতুর্দ্দিকে কখন পরিভ্রমণ করিত না।

তাবৎ বস্তুই নিক্ষিপ্ত হইলে ভূতলে পতিত হয়, ইহা দেখিয়া আপাততঃ এরূপ বোধ হইতে পারে যে তাহা-দের আকর্ষণ নাই। কিন্তু বিবেচনা করিয়া দেখিলে বোধ হইবে ইহা নিতান্ত ভ্রান্তিমূলক; ফলতঃ পৃথিবী তাহাদিগকে যেরূপ আকর্ষণ করে, তাহারাও পৃথিবীকে সেই রূপ আকর্ষণ করিয়া থাকে। কিন্তু পৃথিবীর

আকর্ষণ অপেক্ষাকৃত অনেক প্রবল হওয়াতে উহারা ভূতলে পতিত হয়। তাহাদিগের আকর্ষণ তাদৃশ প্রবল হইলে পৃথিবীও উন্নত হইয়া উঠিয়া তাহাদিগকে স্পর্শ করিত। পৃথিবীর সন্নিকর্ষতা নিবন্ধন তদুপরিস্থ দ্রব্য-সকলকে পরস্পরের আকর্ষণে আকৃষ্ট হইতে দেখা যায় না। পৃথবীর আকর্ষণ এতাদৃশ প্রবল না হইলে অট্টালিকাদিও স্ব স্ব নিকটস্থ বস্তু সকলকে আকর্ষণ করিতে পারিত, তাহার সন্দেহ নাই। তথাপি স্থলবিশেষে এই রূপ আকর্ষণও দৃষ্ট হয়। কোন পর্ব্বতের নিকট ওলনদড়ি ঝুলাইয়া দিলে উহা তৎকর্ত্তৃক আকৃষ্ট হওয়াতে লম্বভাবে থাকিতে না পারিয়া তদভিমুখে কিঞ্চিৎ হেলিয়া পড়ে।

যাহাতে যত অধিক সামগ্রী থাকে তাহার আকর্ষণী শক্তি তত অধিক, আর যাহাতে যত অল্প সামগ্রী থাকে তাহার আকর্ষণী শক্তি তত অল্প। আরও জড় বস্তু সকল পরস্পরের যত নিকটস্থ হয় ততই তাহাদের আকর্ষণী শক্তিরও বৃদ্ধি হইয়া থাকে; আর যত দূরস্থ হয় তাহাদের পরস্পরের প্রতি আকর্ষণও তত অল্প হইয়া আইসে। এক ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে অর্থাৎ ভূপৃষ্ঠে পৃথিবীর আকর্ষণ যত, দুই ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে তদপেক্ষায় অল্প, তিন ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে তাহা অপেক্ষাও অল্প। কিন্তু এক ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে অর্থাৎ ভূপৃষ্ঠে যে আকর্ষণ, দুই ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে তাহার অর্দ্ধেক, তিন ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে তাহার তিন ভাগের এক ভাগ, চারি ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে তাহার চারি ভাগের এক ভাগ, এরূপ

নহে। কিন্তু এক ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে অর্থাৎ ভূপৃষ্ঠে যে আকর্ষণ, দুই ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে তাহার ৪ ভাগের এক ভাগ, তিন ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে তাহার ৯ ভাগের এক ভাগ, চারি ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে তাহার ১৬ ভাগের এক ভাগ, পাঁচ ব্যাসার্দ্ধ ঊর্দ্ধে তাহার ২৫ ভাগের এক ভাগ, ইত্যাদি। অতএব দেখা যাইতেছে, দূরত্বের সংখ্যা ১, ২, ৩, ৪, ৫, ইত্যাদি ক্রমে বর্দ্ধিত হইলে মাধ্যাকর্ষণের শক্তি ১, ৪. ৯, ১৬, ২৫ ······ ইহারা ১, ২, ৩, ৪, ৫ রাশির বর্গ। সুতরাং দূরত্বের বর্গানুসারে মাধ্যাকর্ষণের হ্রাস হইয়া থাকে। এই নিমিত্ত উক্ত হইয়া থাকে, সামগ্রীর সহিত অনুলোমে ও দূরত্বের বর্গের সহিত প্রতিলোমে মাধ্যাকর্ষণের তারতম্য হইয়া থাকে।

পৃথিবীস্থ সমস্ত বস্তু মাধ্যাকর্ষণ দ্বারা তাহার কেন্দ্র অর্থাৎ মধ্যাভিমুখে আকৃষ্ট হয়। যদি পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার হইত তাহা হইলে উপরিস্থ বস্তু সকলকে সর্ব্বত্র সমান বলে আকর্ষণ করিত। কিন্তু উহা ঠিক গোল নহে, উত্তরদক্ষিণে কিঞ্চিৎ চাপা ও মধ্যদেশে কিঞ্চিৎ স্ফীত; অর্থাৎ উহার কেন্দ্র হইতে নিরক্ষ প্রদেশ যতদূর, সুমেরু ও কুমেরু তদপেক্ষায় অনেক নিকট। এই নিমিত্ত, নিরক্ষ প্রদেশ অপেক্ষা উত্তর ও দক্ষিণ প্রান্তে আকর্ষণ অধিক।

যখন কোন অনাশ্রিত দ্রব্য ভূতলে পতিত হইতে থাকে, তখন যে পরিমাণ বলদ্বারা উহার পতন নিবারণ করিতে পারা যায়, তাহাকেই উহার "ভার"

কহে। যে স্থলে আকর্ষণ যেরূপ সেখানে তদ্রূপ বল প্রয়োগ না করিলে পতনশীল বস্তুর গতি নিবারণ করিতে পারা যায় না। যেখানে আকর্ষণ অধিক সেখানে ভারও অধিক এবং যেখানে আকর্ষণ অল্প সেখানে ভারও অল্প। এই নিমিত্ত বিষুবরেখার নিকটবর্ত্তী স্থানে কোন দ্রব্যের ভার যত মেরু প্রদেশে তদপেক্ষা অধিক।

গুরুত্ব পতন নিয়ামক নহে। সকল প্রকার দ্রব্যকেই পৃথিবী সমান বলে আকর্ষণ করে। তবে যে অনেক বস্তু যুগপৎ নিক্ষিপ্ত হইলেও যুগপৎ ভূতলে পতিত হয় না, বায়ুর প্রতিবন্ধকতাই তাহার কারণ। যদি বায়ু-নিষ্কাশন যন্ত্র দ্বারা একটী সুদীর্ঘ কাচপাত্র হইতে বায়ু নিষ্কাশন করিয়া তন্মধ্যে একটী টাকা ও একটী পালক এককালে নিক্ষেপ করা যায়, তাহা হইলে উহারা এককালে নীচে আসিয়া পড়ে। কোন প্রকার যন্ত্রের সাহায্য ব্যতিরেকেও ইহা অনায়াসে দেখা যাইতে পারে। একটী টাকার সমান করিয়া যদি একখণ্ড কাগজ কাটা যায় এবং ঐ কাগজকে টাকার উপর বসাইয়া ফেলিয়া দেওয়া হয়, তাহা হইলে উহারা উভয়েই এককালে ভূমিতে পড়ে। তাহার কারণ এই নিম্নস্থ টাকার দ্বারা বায়ু স্থানান্তরিত হওয়াতে উহা কাগজের পতনের কোন প্রতিবন্ধকতা করিতে পারে না। কোন উচ্চস্থান হইতে পতিত হইলে একখণ্ড ইষ্টক যে সময়ে ভূমি স্পর্শ করে, দুই বা ততোধিক ইষ্টক একত্র নিক্ষিপ্ত হইলেও ঠিক সেই সময়ের মধ্যে ভূতলে পতিত হয়, ইহা বলা বাহুল্য মাত্র।

মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবে সকল বস্তুর সকল পরমাণুই সমান বলে আকৃষ্ট হয়; সুতরাং যে দ্রব্যে পরমাণু যত অধিক থাকে তাহার প্রতি মাধ্যাকর্ষণের বলও তত অধিক হয়। একখানি ইষ্টককে পৃথিবী যে বলে আকর্ষণ করিয়া থাকে, দুই খানিকে তাহার দ্বিগুণ, তিন খানিকে তাহার তিনগুণ বলে আকর্ষণ করে, ইত্যাদি; এই নিমিত্ত কোন নির্দ্দিষ্ট স্থান হইতে নিক্ষিপ্ত হইলে এক খণ্ড ইষ্টক যে সময়ে ভূমি স্পর্শ করে, দুই বা ততোধিক ইষ্টক খণ্ডেরও পতিত হইতে ঠিক সেই সময় লাগে।

মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবে ভিন্ন ভিন্ন দ্রব্যের পরমাণু সকল ভিন্ন ভিন্ন বলে আকৃষ্ট হয়, এমত নহে। স্বর্ণের পরমাণু সকলকে পৃথিবী যে বলে আকর্ষণ করে, পালক ও কাগজের পরমাণু সকলকেও ঠিক সেই বলে আকর্ষণ করিয়া থাকে। এই নিমিত্ত নির্ব্বাত স্থলে স্বর্ণ মুদ্রা ও পালক যুগপৎ নিক্ষিপ্ত হইলে যুগপৎ পতিত হয়। অতএব কি গুরু, কি লঘু সকল বস্তুই একত্রে নিক্ষিপ্ত হইলে, একত্রে ভূমি স্পর্শ করে। ফলতঃ "গুরুত্ব পতন নিয়ামক" নহে।

৩১ ভারকেন্দ্র। দ্রব্য মাত্রেরই এমত এক একটী স্থান আছে যে ঐ স্থান অবলম্বন প্রাপ্ত হইলে দ্রব্যটী স্থির হইয়া থাকে; ঐ বিন্দুকে উহার ভারকেন্দ্র কহে। কোন সমস্থূল লৌহ দণ্ডের ঠিক মধ্যস্থল আশ্রয় প্রাপ্ত হইলে তাহার সমুদায় ভাগ অবিচলিত থাকে। উহারে অঙ্গুলির দ্বারাই ধর, কি রজ্জু দ্বারাই ঝুলাইয়া রাখ, যদি মধ্যস্থল আশ্রয় প্রাপ্ত হয় তাহা হইলে উভয় কল্পেই উহা স্থির

হইয়া থাকে; কোন দিকে নামিয়া পড়ে না। তাহার কারণ এই, ঐ দণ্ডের মধ্য বিন্দুর উভয় পার্শ্বে যত গুলি পরমাণু আছে তাহারা পৃথিবীর মধ্যাকর্ষণ দ্বারা স্ব স্ব নিম্ন দিকে আকৃষ্ট হইতেছে; কিন্তু ঐ সকল আকর্ষণ মিলিয়া মধ্যস্থল হইতে একটী আকর্ষণের ন্যায় কার্য্যকারী হয়। সুতরাং সেই আকর্ষণের প্রতিকূল একটী বল উর্দ্ধ দিকে প্রযুক্ত হইলে ঐ লৌহ দণ্ড স্থির ভাবে থাকিবে তাহার আশ্চর্য্য কি! নিয়তাকার ও সমঘন দ্রব্যের ঠিক মধ্যস্থলই ভারকেন্দ্র; গোলাকার দ্রব্যের কেন্দ্রই ভারকেন্দ্র। স্তম্ভের মেরুদণ্ডের মধ্য বিন্দুই ভারকেন্দ্র।

কোন কোন দ্রব্যের ভারকেন্দ্র ঐ বস্তুতে না থাকিয়া উহার অন্তরে থাকে। অঙ্গুরীয়কের ভারকেন্দ্র উহার অন্তর্গত শূন্য স্থানে অবস্থিত; ফলতঃ যাবতীয় ফাঁপা দ্রব্যেরই ভারকেন্দ্র উহাদের মধ্যবর্ত্তী শূন্য স্থানে অবস্থিত থাকে।

যদি কোন বস্তুর ভারকেন্দ্রবিনির্গত লম্বরেখা উহার নীচে না পড়িয়া বাহিরে পড়ে তাহা হইলে উহা স্থির থাকিতে না পারিয়া অমনি ধরণীতলে পতিত হয়। ভারকেন্দ্র অবলম্বন প্রাপ্ত হইলে দ্রব্যমাত্রেই স্থির হইয়া থাকে, আর উহা অনাশ্রিত হইলে সকল বস্তুই বিচলিত হইয়া পড়িয়া যায়। প্রাচীর বা স্তম্ভাদি যতক্ষণ ঠিক সরল ভাবে উন্নত থাকে, ততক্ষণ তাহাদের ভারকেন্দ্র নিপতিত লম্বরেখা তাহাদিগের নিম্নে আসিয়া পড়ে। কিন্তু কোন কারণ বশতঃ যদি তাহারা হেলিয়া পড়ে

তবে ঐ রেখা তাহাদের ভূমির বাহিরে পতিত হওয়াতে তাহারা পড়িয়া যায়।

যে বস্তুর শিরোভাগ অপেক্ষা অধোভাগ প্রশস্ত তাহা শীঘ্র ভূতলে পতিত হয় না। কেননা অধিক হেলিয়া না পড়িলে তাহার ভারকেন্দ্রাগত লম্বরেখা ভূমির বাহিরে পড়ে না। বৃত্তসূচী সদৃশ বস্তুর সূক্ষ্মদেশ নিম্নভাগে রাখিলে তাহা স্থির থাকিতে পারে না; কিন্তু তাহার প্রশস্ত মুখটী ভূমির উপর রাখিলে উহা অবিচলিত থাকে। এক পদের উপর নির্ভর করিয়া দাঁড়াইলে কেবল এক পাদ পরিমিত স্থান আমাদিগের আধার হওয়াতে স্থির ভাবে থাকা এত কঠিন হইয়া উঠে।

আমরা যখন দণ্ডায়মান থাকি তখন আমাদিগের শরীরের ভার কেন্দ্র হইতে লম্বরেখা নিক্ষিপ্ত হইলে উহা আমাদের পদদ্বয়ের মধ্যস্থিত বিন্দু বিশেষকে স্পর্শ করে। ইহার অন্যথা হইলে আমরা কখনই স্থির থাকিতে পারি না। সম্মুখদিকে অবনত হইয়া কূপাদি হইতে জলোত্তোলন করিতে হইলে দুই পা প্রসারিত করিয়া ভারকেন্দ্রকে পদমধ্যস্থ করিয়া রাখি। এই নিমিত্তই মস্তকে ভার লইয়া চলিতে হইলে শরীর উন্নত রাখা আবশ্যক; পৃষ্ঠে ভারবহন করিতে হইলে সম্মুখ দিকে এবং এক পার্শ্বে বহন করিতে হইলে অপর পার্শ্বে হেলিয়া চলিতে হয়। যখন স্ত্রীলোকেরা বামকক্ষে জলপূর্ণ কলস আনয়ন করে, তখন তাহারা দক্ষিণদিকে কিঞ্চিৎ হেলিয়া গমন করিয়া থাকে। অনেকেই বাজীকরদিগকে রজ্জুর উপর দিয়া

গমনাগমন করিতে দেখিয়াছেন। তাহারা স্বস্ব শরীরের ভারকেন্দ্র ঠিক রজ্জুর উপর রাখিবার নিমিত্ত, হস্তে এক গাছি দীর্ঘ যষ্টি বা বাঁশ রাখে। পরন্তু জাপান নিবাসী সুনিপুণ বাজীকরেরা কেবল একটী ছাতা ও এক খানি পাখা হস্তে করিয়া অবলীলাক্রমে রজ্জুর উপর দিয়া দ্রুতপদ সঞ্চারে ইতস্ততঃ গমনাগমন করিয়া দর্শকদিগকে চমৎকৃত করেন।

তৃতীয় অধ্যায়

বলবিজ্ঞান।

১ ম পরিচ্ছেদ।

গতি।

৩২। এক স্থান হইতে স্থানান্তর হওয়ার নাম গতি, এবং গতির অসদ্ভাবকেই স্থিতি বলে। যদি কোন নির্দ্দিষ্ট বস্তুর সম্বন্ধে কোন বস্তুর অবস্থিতি অনুক্ষণ পরিবর্ত্তিত হইতে থাকে তাহা হইলে উহাকে সচল, আর যদি কোন বস্তু নিয়তই এক স্থানে অবস্থিত থাকে তাহা হইলে উহাকে নিশ্চল বলা যায়। পরন্তু গতি ও স্থিতির স্বরূপ আমরা জ্ঞাত নহি, এ নিমিত্ত ইহাদিগের প্রকৃত লক্ষণ করাও আমাদিগের সাধ্য নহে। কথিত আছে, গতি কাহাকে বলে? একজন প্রাচীন পণ্ডিত ইহা জিজ্ঞাসিত হইলে, কিয়ৎক্ষণ ইতস্ততঃ পদচারণা করিয়া বলিয়াছিলেন আমি তোমাকে গতি দেখাইলাম, কিন্তু বাক্য দ্বারা ইহার প্রকৃতি বুঝাইয়া দিতে সমর্থ নহি। বাস্তবিক গতি ও স্থিতির স্বরূপ বাক্যদ্বারা সবিশেষ বর্ণনা করা যায় না।

৩৩ সাপেক্ষ ও নিরপেক্ষ গতি। সাপেক্ষ নিরপেক্ষ ভেদে গতি ও স্থিতি উভয়ই দ্বিবিধ। যে বস্তুর সহিত তুলনা করিয়া দ্রব্যাদির গতি অনুভূত হয়, তাহা যদি বাস্তবিক নিশ্চল হয়, তাহা হইলে ঐ সকল বস্তুর

গতিকে নিরপেক্ষ গতি বলে। অথবা অনন্ত আকাশের সম্বন্ধে কোন বস্তুর অবস্থিতির যে পরিবর্ত্তন তাহাকেই নিরপেক্ষ গতি বলা যায়। কিন্তু যে সকল বস্তুকে নিশ্চল মনে করিয়া কোন বস্তুর গতি নিরূপিত হয় তাহারা যদি বাস্তবিক নিশ্চল না হয়, তাহা হইলে উহার গতিকে সাপেক্ষ গতি বলে। যদি কোন বস্তু অনন্ত আকাশের সম্বন্ধে নিয়ত এক স্থানেই অবস্থিত থাকে, তাহা হইলে তাহার স্থিতিকে আমরা নিরপেক্ষ স্থিতি বলি। আর যদি কোন বস্তুকে চতুঃপার্শ্বস্থ বস্তু সম্বন্ধে নিশ্চল বলিয়া বোধ হইলেও অনন্ত আকাশের সম্বন্ধে উহার অবস্থিতির নিয়ত পরিবর্ত্তন হয়, তাহা হইলে উহার তাদৃশ নিশ্চলতা বা স্থিতিকে সাপেক্ষ স্থিতি বলা যায়।

নিরপেক্ষ গতি বা নিরপেক্ষ স্থিতি সংসারে দৃষ্ট হয় না। আমরা যে সকল স্থলে গতি ও স্থিতি প্রত্যক্ষ করি সে সমুদায়ই আপেক্ষিক। কোন দ্রুতগামী বাষ্পীয় শকটে কেহ যখন ইতস্ততঃ গমনাগমন করেন তখন ঐ শকটকে নিশ্চল মনে করিয়া তাঁহার গতি নিরূপিত হয়। যে সকল বস্তু বা ব্যক্তি শকটমধ্যে "স্থির" হইয়া থাকে তাহারা বাস্তবিক স্থির নহে; কেননা গাড়ির সঙ্গে সঙ্গে তাহাদেরও গমন সিদ্ধ হইতেছে। পর্ব্বত, বৃক্ষ ও গৃহাদি যে সমস্ত স্থাবর বস্তুর সম্বন্ধে গাড়ির গতি নিরূপিত হয় তাহারাও নিশ্চল নহে; কেননা পৃথিবী তাহাদিগকে সঙ্গে লইয়া নিয়ত পূর্ব্বাভিমুখে ধাবমান হইতেছে এবং বর্ষে বর্ষে সূর্য্যমণ্ডলকে এক এক-

বার প্রদক্ষিণ করিতেছে। সূর্য্য ও পৃথিব্যাদি গ্রহগণ সমভিব্যাহারে অন্য এক অতি দূরবর্ত্তী বিশাল সূর্য্যের চতুর্দ্দিকে পরিভ্রমণ করিতেছে; এবং সেই সূর্য্যও বোধ হয় আমাদিগের এই সৌরজগৎ ও অন্যান্য জগৎ সমভিব্যাহারে অন্য এক মহান্ সূর্য্যকে প্রদক্ষিণ করিতেছে। এই বিশ্বসংসারে কোন দ্রব্যই এক মুহূর্ত্তের নিমিত্তও স্থির নহে। এই নিমিত্ত নিরপেক্ষ গতি বা নিরপেক্ষ স্থিতি কোথাও দৃষ্ট হয় না। আমরা যে সকল স্থলে গতি ও স্থিতি দেখিতে পাই, সে সমুদায়ই আপেক্ষিক।

২য় পরিচ্ছেদ।

বল

৩৪ বল। যদ্দ্বারা জড় বস্তুর গতি উৎপাদিত হয় বা হইতে পারে, তাহার নাম বল। কোন বস্তুকে চালাইতে হইলে তাহাতে বল প্রয়োগ করা আবশ্যক। বিনা বলে কেহই চালিত হয় না। যেমন যাবতীয় নৈসর্গিক ব্যাপারের কারণ গতি এবং গতির কারণ বল, তদ্রূপ উল্লিখিত লক্ষণান্তর্গত বল মাত্রেরই কারণ, প্রথমতঃ মাধ্যাকর্ষণ, দ্বিতীয়তঃ আলোক, তাপ ও তাড়িতাদি, ও তৃতীয়তঃ জীবগণের হস্ত পদাদি সঞ্চালনের হেতুভূত জীবন-শক্তি। জড় বস্তুর যে রূপ সৃষ্টি ও লয় নাই, বলেরও সেই রূপ উৎপত্তি ও বিনাশ নাই। এক জাতীয় বলের তিরোভাবে অপর জাতীয় বলের আবির্ভাব

হয়; কিন্তু কোন বলই ধ্বংস হইবার নহে। মাধ্যাকর্ষণ সঞ্জাত গতির তিরোভাবে আণবিক গতি বা তাপের আবির্ভাব হয়। এই রূপ তাপ হইতে তাড়িত জন্মে ও তাড়িত হইতে তাপ উৎপন্ন হয়। আবার তাপ হইতে রাসায়নিক আকর্ষণের উৎপত্তি হয় এবং রাসায়নিক আকর্ষণ হইতে তাপ ও তাড়িতের সঞ্চার হয়। ফলতঃ এক জাতীয় বল, বলান্তরে পরিণত হয় বটে কিন্তু কোন বলেরই বিনাশ হয় না।

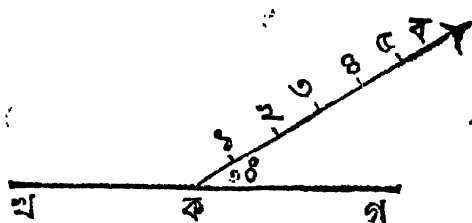
৩৫। বলবিজ্ঞান, স্থিতিবিজ্ঞান, ও গতিবিজ্ঞান। যে শাস্ত্রে বলবিষয়ক তত্ত্ব গুলি বিচারিত হয় তাহার নাম বলবিজ্ঞান। স্থিতিবিজ্ঞান ও গতিবিজ্ঞান ভেদে বলবিজ্ঞান দ্বিবিধ। যে সকল বলদ্বারা গতি উৎপাদিত হইতে পারে, কিন্তু হয় না, তাহারা স্থিতিশাস্ত্রের, আর যে সকল বলদ্বারা বাস্তবিক গতি উৎপাদিত হয়, তাহারা গতিশাস্ত্রের বিষয়।

৩৬। বল কিরূপে পরিমিত হয়। যে রূপ কোন নির্দ্দিষ্ট পরিমাণ দৈর্ঘ্য, আয়তন কি ভারকে একক স্বরূপ ধরিয়া দৈর্ঘ্যাদির পরিমাণ প্রকাশ করে তদ্রূপ কোন নির্দ্দিষ্ট পরিমাণ বলকে একক স্বরূপে ধরিয়া যাবতীয় বলের পরিমাণ প্রকাশ করা যায়। যেরূপ হস্ত পদাদির দীর্ঘতা অবলম্বন করিয়া দৈর্ঘ্যের পরিমাণ প্রকাশ করা যায়, সেই রূপ সচরাচর ১ সের পরিমিত ভারী কোন দ্রব্যকে ধারণ করিতে যে বল আবশ্যক তাহাই বলের মান স্বরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। অর্থাৎ কোন বলের পরিমাণ প্রকাশ

করিতে হইলে ঐ বল এত সের অথবা ১সেরের এত ভাগের এক ভাগ এই রূপ বলা যায়। ইংলণ্ডে বলের একক ১ পৌণ্ড এবং ফরাসী দেশে বলের একক ১ কিলগ্রাম।

৩৭। বল কিরূপে প্রকাশিত হয়। বলবিজ্ঞান শাস্ত্রে বলবিষয়ক তত্ত্বসমূহ অবধারণ করিবার সময়ে ঋজু রেখা টানিয়া পরিমাণাদি বলের অঙ্গগুলি প্রকাশিত হইয়া থাকে। বলমাত্রেই কোন না কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত হয়; ঐ বিন্দুকে উহাদিগের প্রয়োগ বিন্দু কহে। আরও সকল বলই কোন না কোন নির্দ্দিষ্ট দিকে আকর্ষণ করে: অতএব স্বীকার করিতে হইবে দিক বলের দ্বিতীয় অঙ্গ। অপিচ সকল বল দ্বারা কিছু সমান কার্য্য হয় না; ভিন্ন ভিন্ন বলের পরিমাণ ভিন্ন ভিন্ন। সুতরাং পরিমাণ বলের আর একটী অঙ্গ। প্রয়োগ বিন্দু, দিক ও পরিমাণ বলমাত্রেই এই ত্রিবিধ অঙ্গসম্পন্ন। রেখা দ্বারা এই ত্রিবিধ অঙ্গই ব্যক্ত করা যাইতে পারে। প্রয়োগ বিন্দু অথবা কোন নির্দ্দিষ্ট বিন্দুকে তৎস্বরূপ ধরিয়া যদি সেই বিন্দু দিয়া একটী ঋজুরেখা টানা যায়, তাহা হইলে রেখাটীর অন্তর্গত উক্ত বিন্দুটী দ্বারা প্রয়োগ বিন্দু এবং রেখাটীর অভিমুখ দ্বারা বলের দিক সূচিত হইবে। আরও প্রস্তাবিত বলের পরিমাণ যত গুলি বলের এককের তুল্য, রেখাটীর দৈর্ঘ্য যদি ততগুলি দৈর্ঘ্যের এককের তুল্য করা যায়, তাহা হইলে উক্ত রেখা দ্বারা বলের পরিমাণও প্রকাশিত হইবে। নিম্নে একটী উদাহরণ দ্বারা ইহা প্রতিপন্ন করা যাইতেছে।

উদাহরণ। কোন দণ্ডের এক প্রান্ত হইতে ৩০০ অংশ অন্তরে অবস্থিত হইয়া ৫ সের পরিমিত একটী বল উহার মধ্যবিন্দুকে আকর্ষণ করিতেছে।

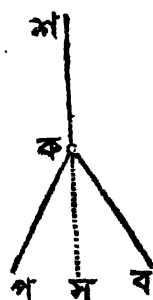
রেখা দ্বারা ইহা অনায়াসেই প্রকাশ করা যাইতে পারে। যথা,—

কখগ যেন প্রস্তাবিত দণ্ড ও ক উহার মধ্যবিন্দু; কগ হইতে ৩০০ অংশ অন্তরে কব ঋজুরেখা টান ও কব হইতে এমন একটী অংশ ছেদ করিয়া লও যাহার দৈর্ঘ্য ঠিক ৫ টী দৈর্ঘ্যের এককের তুল্য। এক্ষণে বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে কব রেখা দ্বারা প্রযুক্ত বলের সকল অঙ্গ গুলিই সূচিত হইতেছে।

সুতরাং প্রতীয়মান হইতেছে ঋজুরেখা দ্বারা বলের যাবতীয় অঙ্গই প্রকাশ করা যাইতে পারে।

৩৮। সজাত বল। কোন জড় বিন্দুর উপর বিপরীত দিক্ হইতে দুইটী বল প্রযুক্ত হইলে যদি ঐ বিন্দুটী কোন দিকে না যাইয়া স্থির হইয়া থাকে তাহা হইলে ঐ দুইটী বলকে সমান বল বলা যায়। যখন একটী বলকে অন্য একটী বলের সমান বলা যায় তখন এই রূপ বুঝিতে হইবে যে একের পরিমাণ যত

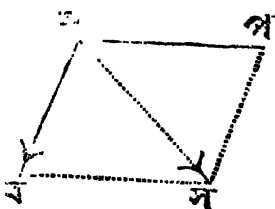
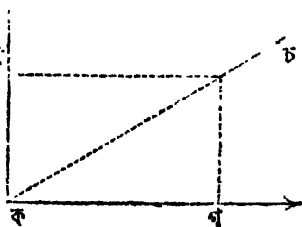
সের, যত ছটাক, কি যত তোলা, অপরটীর পরিমাণও ঠিক তত সের, কি তত তোলা ইত্যাদি। কোন জড় বিন্দুর প্রতি এক দিকে দুইটী তুল্য বল প্রয়োগ করিলে যে বল উৎপন্ন হয় তাহার পরিমাণ প্রত্যেকের দ্বিগুণ, তিনটী তুল্য বল প্রযুক্ত হইলে যে বলের সঞ্চার হয় তাহার পরিমাণ প্রত্যেকের তিন গুণ, ইত্যাদি। একাধিক বল যদি কোন ঋজু রেখা ক্রমে অবস্থিত হইয়া কোন বিন্দুকে কোন নির্দ্দিষ্ট দিকের অভিমুখে আকর্ষণ করে তাহা হইলে প্রযুক্ত বল সমুহের পরিমাণ তাহাদের যোগ ফলের তুল্য। কিন্তু যদি কতকগুলি বল একদিকে ও অপর কতকগুলি বল তাহার বিপরীত দিকে আকর্ষণ করে, তাহা হইলে সেস্থলে তাহাদের পরিমাণ ঐ উভয়বিধ বলগুলির বিয়োগ ফলের তুল্য একটী বলের সমান হয়। ফলতঃ যদি কতকগুলি বল একই ঋজু রেখাক্রমে অবস্থিত হইয়া কার্য্য করে তাহা হইলে তাহাদের পরিমাণ তাহাদিগের বৈজিক সমষ্টির তুল্য হইয়া থাকে। ৩ সের ও ৪ সের পরিমিত দুইটী বল যদি ঠিক সরল রেখা ক্রমে কোন বস্তুকে একদিকে আকর্ষণ করে, আর ৮ সের পরিমিত আর একটী বল যদি ঠিক বিপরীত দিকে প্রযুক্ত হয় তাহা হইলে উহাদের পরিমাণ ৩+৪−৮=−১। অর্থাৎ এই তিনটী বল দ্বারা যে কার্য্য হইতেছে, ৩ সের ও ৪ সের পরিমিত বল গুলি যে দিকে আকর্ষণ করিতেছে তাহার বিপরীত দিকে শুদ্ধ ১ সের পরিমিত একটী মাত্র বল প্রয়োগ করিলেও সেই কার্য্য হইতে পারে।

অতএব দৃষ্ট হইতেছে, অনেকগুলি বল দ্বারা যে কার্য্য সাধিত হয় শুদ্ধ একটী মাত্র বল প্রয়োগ করিলেও সেই ফল হইতে পারে। একই ঋজু রেখা ক্রমে কার্য্যকারী বল সমূহের স্থলেই যে কেবল এই রূপ হইয়া থাকে, অন্যত্র হয় না, এমত নহে। যে স্থলে ক বিন্দুটী শ, ব, প প্রভৃতি ভিন্ন ভিন্ন বল দ্বারা ভিন্ন ভিন্ন দিকে আকৃষ্ট হইয়াও স্থির ভাবে থাকে সেখানে ঐ সকল বলের মধ্যে শ কি অন্য যে কোনটীকে ধর, তদ্দ্বারা ব, প প্রভৃতি অন্যান্য বল সমুদায়ের কার্য্য যে সম্পূর্ণ রূপে নষ্ট হয় ইহা অবশ্যই স্বীকার করিতে হইবে। সুতরাং প্রতীয়মান হইতেছে, ওরূপ স্থলে প্রত্যেক বলটী কার্য্যতঃ অপর সমুদায় বলের তুল্য। বস্তুতঃ প্রত্যেক বলটী জড় বিন্দুটীকে যে পরিমাণে স্বাভিমুখে আকর্ষণ করে, অবশিষ্ট বলগুলি সমবেত হইয়াও ঠিক সেই পরিমাণে উহাকে বিপরীতাভিমুখে আকর্ষণ করে। প্রস্তাবিত উদাহরণে ক বিন্দুটী শ দ্বারা যে পরিমাণে কশ অভিমুখে আকৃষ্ট হইতেছে, ব ও প একত্র হইয়া ঠিক সেই পরিমাণে তাহার বিপরীতে অর্থাৎ কস এর অভিমুখে আকর্ষণ করিতেছে। অর্থাৎ ব ও প পরিমিত বল দ্বয়, শ বলের তুল্য কিন্তু বিপরীতাভিমুখে কার্য্যকারী, স পরিমিত একটী মাত্র বলের সমান। সুতরাং ক বিন্দুটী যেন শ, স দুইটী পরস্পর বিপরীতাভিমুখতুল্য বল দ্বারা আকৃষ্ট হও-

স্নাতে কোন দিকে যাইতে না পারিয়া স্থির হইয়া রহিয়াছে। আরও বিবেচনা করিয়া দেখিলেই বোধ হইবে ক বিন্দুতে ব প পরিমিত দুইটি ভিন্ন ভিন্ন বল ভিন্ন ভিন্ন দিকে প্রয়োগ করাতে যে ফল হইতেছে কস এর অভিমুখে স পরিমিত একটী মাত্র বল প্রয়োগ করিলেও ঠিক সেই ফল হইতে পারে। দুই কিম্বা ততোধিক বলের সজ্ঞাতে যে কার্য্য হয় একটী মাত্র বল দ্বারা সেই ফল উৎপাদন করিতে হইলে যে বল প্রয়োগ করিতে হয় তাহাকে তাহাদের সজ্ঞাত বল কহে।

৩৯। বলসমান্তর ক্ষেত্র। যদি দুইটী বল ভিন্ন ভিন্ন ঋজু রেখাক্রমে কোন বিন্দুকে ভিন্ন ভিন্ন দিকে আকর্ষণ করে তাহা হইলে তাহাদের সজ্ঞাত বলের দিক ও পরিমাণ বক্ষ্যমাণ নিয়মানুসারে নির্ণয় করা যাইতে পারে। যথা;—

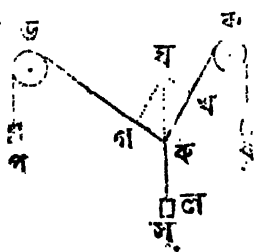
"যদি কোন বিন্দু দুইটী ভিন্ন ভিন্ন বলদ্বারা দুইটী ভিন্ন ভিন্ন দিকে আকৃষ্ট হয় এবং ঐ বিন্দু হইতে দুইটী ঋজু রেখা টানিয়া প্রযুক্ত বলদ্বয়ের দিক ও পরিমাণ প্রকাশ করা যায়, তাহা হইলে ঐ রেখাদ্বয়কে বাহু স্বরূপ করিয়া একটী সমান্তর ক্ষেত্র অঙ্কিত করিলে সেই সমান্তর ক্ষেত্রের যে কর্ণটীর এক প্রান্ত ঐ বিন্দুতে সংলগ্ন তদ্দ্বারা প্রযুক্ত বলদ্বয়ের সজ্ঞাত বলের দিক ও পরিমাণ প্রদর্শিত হইবে। এই নিয়মটীকে বলবিষয়ক সমান্তর ক্ষেত্রঘটিত নিয়ম বলে।

মনে কর, ক নামক কোন বিন্দু কপ ও কব এর অভিমুখে

যথাক্রমে প ও ব পরিমিত দুইটী বল দ্বারা আকৃষ্ট হইতেছে। এক্ষণে যদি ক হইতে ক ব ও কব এর অভিমুখে দুইটী ঋজু রেখা টানা যায় এবং প ও ব যত সেরের সমান কপ ও কব কে তত ইঞ্চি পরিমাণ দীর্ঘ করিয়া লইয়া ক স সমান্তর ক্ষেত্র অঙ্কিত করা যায়, তাহা হইলে ক স কর্ণরেখা দ্বারা প ও ব এর সঞ্জাত বলের দিক ও পরিমাণ সূচিত হইবে অর্থাৎ কপ ও ক ব এর দিকে প ও ব পরিমিত দুইটী বল প্রয়োগ করাতে যে ফল হইতেছে ক স এর অভিমুখে, কস্ রেখা যত ইঞ্চি দীর্ঘ, তত সের পরিমিত, একটী মাত্র বল প্রয়োগ করিলেও ঠিক সেই ফল হইতে পারে।

সঞ্জাত বলের পরিমাণ যে তৎপ্রকাশক রেখা না মাপিলে জানিতে পারা যায় না, এমত নহে; জ্যামিতি ও ত্রিকোণমিতির দ্বারা ইহা অনায়াসেই গণনা করিয়া বলা যাইতে পারে। যদি প্রযুক্ত বলদ্বয়ের দিক প্রকাশক ঋজু রেখাদ্বয়ের অন্তর্গত কোণটী সমকোণ হয় তাহা হইলে ইউক্লিডের জ্যামিতির ১ম অধ্যায়ের ৪৭ প্রতিজ্ঞা অবলম্বন করিয়া কর্ণ রেখার পরিমাণ অনায়াসে নিরূপণ করা যাইতে পারে। কেননা সে স্থলে কর্ণ রেখার পরিমাণ উক্ত

দুই রেখার বর্গমূলের সমষ্টির তুল্য। অর্থাৎ (পার্শ্ববর্ত্তী চিত্র দেখ) তথায় $কচ^2 = কগ + চগ^2$ যদি কখ ও কগ এর অভিমুখে ক্রমান্বয়ে ৩ সের ও ৪ সের পরিমিত দুইটী বল প্রযুক্ত হয়, অর্থাৎ কখ ও কগ রেখার পরিমাণ যদি যথাক্রমে ৩ ও ৪ দৈর্ঘের এককের তুল্য হয়, তাহা হইলে কচ রেখার দৈর্ঘ $\sqrt{৩^2 + ৪^2} = ৫$ সুতরাং প্রযুক্ত বলদ্বয়ের সঙ্ঘাত বলের পরিমান ৫ সের।

যদি এক বিন্দুতে প্রযুক্ত বল দ্বয়ের দিক প্রকাশক রেখা দ্বয়ের অন্তর্গত কোণ সমকোণ হইতে ক্ষুদ্র অথবা বৃহৎ হয় তাহা হইলে ত্রিকোণমিতিক নিয়মানুসারে সঙ্ঘাত বল প্রকাশক কর্ণ রেখার দৈর্ঘ্য স্থির করিয়া সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ অবধারণ করা যায়।

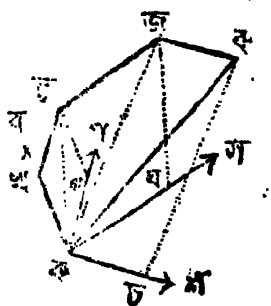
বল সমান্তর ক্ষেত্র বিষয়ক প্রতিজ্ঞাটী গণিত সম্মত যুক্তি দ্বারা পশ্চাতে প্রতিপন্ন করা যাইবে। এস্থলে একটি পরীক্ষা সিদ্ধ প্রমাণ প্রদত্ত হইতেছে।

৪০। বলসমান্তর ক্ষেত্র সংক্রান্ত পরীক্ষা সিদ্ধ প্রমাণ। ঝ ও ড নামক দুইটী কপির চক্র মধ্যে সন্নিবেশিত দুই গাছি সূক্ষ্ম ও নমনীয় রজ্জুতে প ও ব পরিমিত দুইটী ভার ঝুলাইয়া ক বিন্দুতে তাহাদিগকে সংযুক্ত কর এবং তথা হইতে অপর এক গাছি রজ্জু দ্বারা ল পরিমিত একটী ভার লম্বিত করিয়া দেও। চিত্রে যে রূপ দৃষ্ট হইতেছে মনে

কর, সেই রূপ অবস্থায় এই ভারত্রয়ের সাম্যাবস্থা হইল। এক্ষণে বিবেচনা করিয়া দেখ ক বিন্দুটী প, ব, স তিনটি বল দ্বারা, কড, কঝ, কল তিনটী ভিন্ন ভিন্ন দিকে আকৃষ্ট হইয়াও স্থির ভাবে রহিয়াছে। সুতরাং ইহাদের মধ্যে প্রত্যেকটী অপর দুইটীর সঙ্ঘাত বলের সমান ও বিপরীতাভিমুখে কার্য্যকারী। যদি কড কঝ কল এর অভিমুখে ঋজু রেখা টানা যায়; এবং কড কঝ হইতে প ও ব যত সের পরিমিত ভারী ঠিক তত ইঞ্চি পরিমিত দীর্ঘ কখ ও কগ নামক দুইটী অংশ ছেদ করিয়া লইয়া কখগঘ সমান্তর ক্ষেত্র অঙ্কিত করা যায় তাহা হইলে দৃষ্ট হইবে স যত সের পরিমিত ভারী কঘ কর্ণটী ঠিক তত ইঞ্চি দীর্ঘ এবং কলএর সহিত একই ঋজু রেখা ক্রমে অবস্থিত। সুতরাং প ও ব বলের দিক্ ও পরিমাণ সূচক কখ ও কগ রেখার উপর অঙ্কিত কখগঘ সমান্তর ক্ষেত্রের কঘ কর্ণ রেখা দ্বারা উহাদিগের সঙ্ঘাত বলের দিক্ ও পরিমাণ প্রকাশিত হইতেছে।

৪১। বলবিঘাত। বল সঙ্ঘাত সম্বন্ধে কিঞ্চিৎ বলা হইল, সম্প্রতি বল বিঘাত বিষয়ে কিঞ্চিৎ বলা যাইতেছে। যেরূপ দুইটী বলের সংঙ্ঘাতে একটী বল জন্মে তদ্রূপ একটী বলের বিঘাতে ভিন্ন ভিন্ন দুইটী বল প্রাপ্ত হওয়া যায়।

মনে কর, (৩৯ অনুচ্ছেদের অন্তর্গত ২য় চিত্র দেখ) কচ রেখা দ্বারা ক বিন্দুতে প্রযুক্ত বল বিশেষের দিক ও পরিমাণ প্রকাশিত হইতেছে। ক হইতে কখ ঋজু রেখা

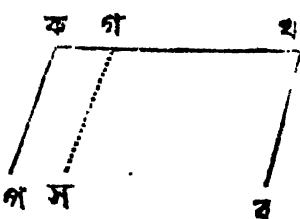
টানিয়া উহার অন্তর্গত খ নামক যে কোন বিন্দুর সহিত চ-এর যোগ করিয়া দেও। পরে কখচগ সমান্তর ক্ষেত্র অঙ্কিত কর। এক্ষণে স্পষ্টই প্রতীয়মান হইতেছে, কচ রেখা যে বলের সূচক তাহা কখ ও কগ রেখাদ্বয় দ্বারা প্রকাশিত বলদ্বয়ের সঙ্ঘাত বলের তুল্য। অপিচ ক বিন্দু হইতে যে সে দিকে একটী ঋজু রেখা টানিয়া তাহার অন্তর্গত যে কোন বিন্দুর সহিত চ বিন্দুকে যুক্ত করিয়া এক একটী সমান্তর ক্ষেত্র অঙ্কিত করিতে পারা যায়। সুতরাং এক মাত্র বলকে অসংখ্য প্রকারে বিভক্ত করা যাইতে পারে। পরন্তু এক বিন্দুতে প্রযুক্ত বলদ্বয়ের একাধিক সঙ্ঘাত বল থাকা কোন ক্রমেই সম্ভাবিত নহে।

৪২। বলবিষয়ক বহু কোণী ক্ষেত্র। এক বিন্দুতে প্রযুক্ত দুইটী বলের সঙ্ঘাত বল যে রূপে অবধারণ করা যায়, এক বিন্দুতে প্রযুক্ত বহুসংখ্যক বলেরও সঙ্ঘাত বল সেই প্রকারে নিরূপণ করা যাইতে পারে। মনে কর কখ, কগ, কঘ, কচ রেখা গুলি দ্বারা ক বিন্দুতে প্রযুক্ত ব, প, স, শ বল গুলি প্রকাশিত হইতেছে। এক্ষণে বল সমান্তর ক্ষেত্র অবলম্বন করিয়া ব, প, স, শ বলের সঙ্ঘাত বল অনায়াসে অবধারণ করা যাইতে পারে। ১মতঃ কখ ছগ সমান্তর ক্ষেত্র অঙ্কিত করিয়া কছ কর্ণ রেখা টান তাহা হইলে কছ, ব ও প এর

বলসূচক হইবে। ২য়তঃ কছজঘ সমান্তরাল ক্ষেত্র অঙ্কিত কর, তাহা হইলে কজ কর্ণ রেখা দ্বারা ব, প, স এর সঙ্ঘাত বল বুঝাইবে। ৩য়তঃ কজঝচ সমান্তরাল ক্ষেত্র অঙ্কিত করিয়া কঝ যোগ কর, কঝ কর্ণ রেখা দ্বারা প, ব, স, শ এর সঙ্ঘাত বল প্রকাশিত হইবে। বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে, প্রযুক্ত বলের সংখ্যা কেন যতই হউক না, তাহাদের সঙ্ঘাত বল এই প্রণালী অবলম্বন করিয়া অনায়াসে নির্ণয় করা যাইতে পারে। কঝ এর বিপরীত অভিমুখে কঝএর তুল্য একটী বল প্রয়োগ করিলে ক বিন্দু যে স্থির ভাবে থাকিবে, ইহা বলা বাহুল্য মাত্র।

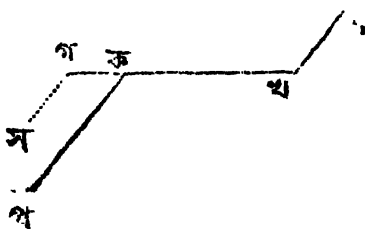
আরও দেখা যাইতেছে যদি খ, ছ ও জ বিন্দু হইতে কগ, কঘ, কচ এর সমান, সমান্তরাল ও সমানাভিমুখ করিয়া খছ, ছজ, জঝ রেখা গুলি টানিয়া ঝক যোগ করিয়া দেওয়া যায়, তাহা হইলে কখছজঝক বহুকোণীক্ষেত্রটীর কখ, খছ, ছজ, জঝ বাহু গুলি দ্বারা ব, প, স, শ প্রযুক্ত বলগুলির এবং কঝ বাহু দ্বারা উহাদিগের সঙ্ঘাত বলের দিক ও পরিমাণ প্রদর্শিত হইবে। ঝক এর অভিমুখে কঝ এর সমান একটী বল প্রয়োগ করিলে ক বিন্দুটী যে স্থির হইয়া থাকিবে ইহা পূর্ব্বেই উক্ত হইয়াছে। সুতরাং প্রতীয়মান হইতেছে "যদি কোন বহুকোণী ক্ষেত্রের বাহু গুলি ধারাবাহিক রূপে কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত প্রকাশক রেখা গুলির সহিত সমান্তরাল ও সমান হয় তাহা হইলে ঐ বিন্দুটী সাম্যাবস্থায় অবস্থিত থাকিবে"। এই প্রতিজ্ঞাটীকে 'বল

বিষয়ক বহুকোণী ক্ষেত্র বলে। বল বিষয়ক ত্রিভুজক্ষেত্র যে এই প্রতিজ্ঞাটীর অন্তর্ভূত, ইহা বলা বাহুল্য মাত্র।

৪৩। সমান্তরাল বলের সঙ্ঘাত বল। যেরূপ এক বিন্দুতে প্রযুক্ত ও একই ঋজুরেখাক্রমে কার্য্যকারী বল সকলের সঙ্ঘাত বল তাহাদিগের বৈজিক সমষ্টির সমান, তদ্রূপ দৃঢ়রূপে সম্বদ্ধ ভিন্ন ভিন্ন পরমাণুতে প্রযুক্ত ও ভিন্ন ভিন্ন সমান্তরাল রেখাক্রমে অবস্থিত বল সকলের সঙ্ঘাত বল তাহাদিগের বৈজিক সমষ্টির তুল্য।

মনেকর ক ও খ নামক দুইটী দৃঢ় রূপে সংযুক্ত বিন্দুর প্রতি প ও ব নামক দুইটী সমান্তরাল বল প্রযুক্ত হইয়াছে। ইহারা যদি ক খ বিন্দুকে একই দিকে আকর্ষণ করে, তাহা হইলে ইহাদিগের সঙ্ঘাত বল কখ রেখার অন্তর্গত গ বিন্দুতে কার্য্যকারী প + ব পরিমিত বলবিশেষের সমান হইবে। যদি ব ও প পরস্পরের সমান হয়, তাহা হইলে সঙ্ঘাতবলের কার্য্যস্থান গ, কখ রেখার মধ্যবিন্দু হইবে। আর যদি ব অপেক্ষা প

বৃহৎ হয় তাহা হইলে ব অপেক্ষা প যত বৃহৎ হইবে গ বিন্দুও ততই কএর সন্নিহিত হইবে। সুতরাং ব অপেক্ষা প যত বৃহৎ, খগ রেখাটী কগ অপেক্ষা ঠিক সেই পরিমাণে বৃহৎ; অর্থাৎ প : ব : : খগ : কগ।

∴ প × কগ = ব × খগ।

পরন্তু, যদি প ও ব বলদ্বয় ক ও খ বিন্দুকে বিপরীত দিকে আকর্ষণ করে, তাহা হইলে উহাদের সঙ্ঘাত বল, খক রেখাকে পরিবর্দ্ধিত করিলে তাহার বর্দ্ধিত ভাগস্থিত গ-নামক বিন্দুবিশেষে কার্য্যকারী প — ব পরিমিত একটীমাত্র বলের সমান হইবে। ব যত ক্ষুদ্র হইবে গ বিন্দু ততই ক এর সন্নিহিত হইবে আর প এর সহিত ব এর অন্তর যত অল্প হইবে, ক হইতে গও তত অন্তরে অবস্থিত হইবে। সুতরাং প ও ব সমান হইলে উহাদের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ শূন্য হইবে ও গ বিন্দুও ক হইতে অনন্ত গুণ অন্তরে অবস্থিত হইবে।

গ ক খ স প

বহুসংখ্যক সমান্তরাল বলের সঙ্ঘাত বল নিরূপণ করিতে হইলে, প্রথমতঃ দুইটীর সঙ্ঘাত বল অবধারণ করিয়া সেই সঙ্ঘাত বল ও তৃতীয় সমান্তরাল বলের সঙ্ঘাত বল স্থির করিতে হয়। অনন্তর উক্ত বলত্রয়ের সঙ্ঘাত বল ও চতুর্থ সমান্তরাল বলের সঙ্ঘাত বল নিরূপণ করিলে চারিটী বলের সঙ্ঘাত বল নিরূপিত হয়। প্রযুক্ত বলের সংখ্যা যতই হউক না কেন, তাহাদিগের সঙ্ঘাত বল এইরূপে স্থির করা যাইতে পারে।

৪৪। সমান্তরাল বলের কেন্দ্র। সমান্তরাল বল সকল সমবেত হইয়া যে বিন্দুতে কার্য্যকারী হয়, অর্থাৎ

উহাদের সঙ্ঘাত বলের প্রয়োগ বিন্দু বা কার্য্যস্থানকে 'সমান্তরাল বলের কেন্দ্র' বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়।

৪৫। বলযুগ্ম বা বলদ্বন্দ্ব। ৪৩ অনুচ্ছেদের দ্বিতীয় চিত্রে) প ও ব সমান হইলে উহাদের সঙ্ঘাত বল শূন্য হয়, এবং সঙ্ঘাত বল না থাকাতে তাহার বিপরীত দিকে একটী মাত্র বল প্রয়োগ করিয়া কখ বিন্দুকে স্থির রাখা অসম্ভব হইয়া উঠে। ফলতঃ ওরূপ স্থলে কখ এর ঘূর্ণন প্রবৃত্তি জন্মে। সমান সমান্তরাল ও বলদ্বয় যদি দৃঢ়রূপে সম্বদ্ধ দুইটী বিন্দুকে বিপরীত দিক হইতে আকর্ষণ করে তাহা হইলে তাহাদিগকে 'বলযুগ্ম' বা 'বলদ্বন্দ্ব' বলা যায়।

৩য় পরিচ্ছেদ।

বল সঙ্ঘাত ও বল বিঘাত।

৪৬। বল সমান্তরাল ক্ষেত্রের গণিতসম্মত প্রমাণ। বল সমান্তরাল ক্ষেত্র সংক্রান্ত প্রতিজ্ঞাটি পরীক্ষাসিদ্ধ প্রমাণ দ্বারা প্রতিপন্ন করা গিয়াছে; সম্প্রতি উহার গণিত সম্মত উপপত্তি লিখিত হইতেছে। পূর্ব্বে বলা হইয়াছে,

"যদি কোন বিন্দু দুইটী ভিন্ন ভিন্ন বল দ্বারা দুইটী ভিন্ন ভিন্ন দিকে আকৃষ্ট হয় এবং ঐ বিন্দু হইতে দুইটী ঋজুরেখা টানিয়া প্রযুক্ত বল দ্বয়ের দিক্ ও পরিমাণ প্রকাশ করা যায়, তাহা হইলে ঐ রেখাদ্বয়কে বাহু স্বরূপ করিয়া একটী সমান্তরাল ক্ষেত্র অঙ্কিত করিলে সেই সমান্তরাল ক্ষেত্রের যে কর্ণটীর এক প্রান্ত ঐ বিন্দুতে সংলগ্ন

তদ্দ্বারা প্রযুক্ত বল দ্বয়ের দিক্ ও পরিমাণ সুচিত হইবে"।

১মতঃপ্রমাণ করা যাইতেছে যে কর্ণরেখা দ্বারা সঙ্ঘাত বলের দিক্ প্রকাশিত হয়।

যদি প্রযুক্ত বলদ্বয় পুরস্পরের সমান হয়, তাহা হইলে যে রেখা দ্বারা প্রযুক্ত বল প্রকাশক রেখা দ্বয়ের অন্তর্গত কোণ সমদ্বিখণ্ডিত হইবে.উহাদের সঙ্ঘাত বল সেই রেখায় অবস্থিত হইবে; কেননা একের অপেক্ষা অপরটীর সন্নিহিত হইবার কোন হেতুই দৃষ্ট হয় না। পরন্তু যে রেখা দ্বারা অন্তর্গত কোণ সমদ্বিখণ্ডিত হয় তাহাই উহাদের উপর অঙ্কিত সমান্তরাল ক্ষেত্রের কর্ণ রেখা অতএব প্রযুক্ত বলদ্বয় সমান হইলে কর্ণ রেখা দ্বারা দিক্ প্রকাশিত হয়।

এক্ষণে যদি স্বীকার কর যে প ও ব এবং প ও স

পরিমিত বল প্রকাশক রেখার অবনতি সমান আর উহাদের সঙ্ঘাত বল কর্ণ রেখাক্রমে কার্য্যকারী; তাহা হইলে সপ্রমাণ করা যাইতে পারে, যে তাহাদের ন্যায় সমান ভাবে অবনত প ও ব + স বলের সঙ্ঘাতবল কর্ণরেখাক্রমে কার্য্যকারী। মনে কর ক বিন্দুটী প ও ব + স বল দ্বারা

যথাক্রমে কঘ ও কখগ এর অভিমুখে আকৃষ্ট হইতেছে। আরও বিবেচনা কর কঘ ও কখ রেখাদ্বয় যেন প ও চ বলের সূচক। অপিচ, স বলটীকে ক এর সহিত দৃঢ় রূপে সম্বন্ধ যে কোন বিন্দুতে কার্য্যকারী বলিয়া কল্পনা করা যাইতে পারে; কেননা বল মাত্রেই স্ব স্ব দিক্ প্রকাশক রেখাস্থ যে কোন বিন্দুতে অবস্থিত হউক না কেন, কিছু-তেই ফলের অন্যথা হয় না; অতএব মনে কর খ যেন স এর কার্য্যস্থান; আর খগ রেখা উহার সূচক। এক্ষণে কঘ-জগ সমান্তরাল ক্ষেত্র অঙ্কিত কর এবং কঘ এর সমান্তরাল খচ রেখা টানিয়া কচ, কজ ও খজ যোগ কর।

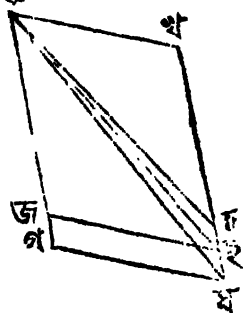
প ও ব এর সংঘাত বল কচ কর্ণ রেখা ক্রমে কার্য্য কারী,—(কল্পনা)। মনে কর ঐ সজ্ঞাতবলের কার্য্যস্থান যেন চ। এক্ষণে দেখ কঘ ও কগ এর সহিত সমান্তরাল খচ ও চজ এর অভিমুখে কচ ক্রমে কার্য্যকারী, ঐ সজ্ঞাত বলকে বিশ্লিষ্ট করিলে খচ ও চজ বলদ্বয় উৎপন্ন হয়। আবার খ ও জ বিন্দুকে যথাক্রমে খচ ও চজ এর কার্য্যস্থান বলিয়া কল্পনা করা যাইতে পারে, পরন্তু খ বিন্দুতে কার্য্যকারী প ও স বল খজ রেখাক্রমে কার্য্যকারী একটি সজ্ঞাত বলের সমান। আবার ঐ সজ্ঞাত বলকে জ বিন্দুতে কার্য্যকারী বলিয়া মনে করিলে প ও স এর কার্য্যস্থান জ হইতেছে। অতএব প, ব, স, তিনেরই কার্য্যস্থান জ, অর্থাৎ ইহারা মিলিত হইয়া ক বিন্দুকে কজ এর অভিমুখে আকর্ষণ করিতেছে। সুতরাং প ও ব + স এর সজ্ঞাত বল কজ কর্ণ রেখা ক্রমে কার্য্যকারী।

এক্ষণে দৃষ্ট হইতেছে, যদি প ও ব এবং প ও স পরিমিত বলের সঙ্ঘাত বল কর্ণ রেখা ক্রমে কার্য্যকারী হয় তাহা হইলে প ও ব + স পরিমিত বলের সঙ্ঘাত বলও কর্ণ রেখাক্রমে কার্য্যকারী হইবে।

পূর্ব্বে যাহা বলা গিয়াছে বিবেচনা করিয়া দেখিলে তাহা হইতে প্রতীয়মান হইবে, ব ও স যদি পএর সমান হয়, তাহা হইলে প ও ব + স = (প + প বা ২ প) পরিমিত বলের সঙ্ঘাত বলের দিক্‌ কর্ণ রেখা দ্বারা সূচিত হইবে। প ও প এবং প ও ২ প পরিমিত বলের সঙ্ঘাত বল যদি কর্ণ রেখাক্রমে কার্য্যকারী হইল, তাহা হইলে প ও প + ২ প বা প ও ৩ প পরিমিত বলের সঙ্ঘাত বলও ঐ রূপ হইবে। সাধারণতঃ যদি ন কোন অখণ্ড রাশির মান হয় তাহা হইলে প ও নপ পরিমিত বলের সঙ্ঘাত বল ঐরূপ হইবে। অপিচ, 'সঙ্ঘাত বলের দিক কর্ণ রেখা দ্বারা সূচিত হইবে' যদি এই কথা সপ ও প এবং সপ ও প পরিমিত বল স্থলে সত্য হয় তাহা হইলে সপ ও ২ প স্থলেও ইহার অন্যথা হইবে না সাধারণতঃ যদি প একটী অখণ্ড রাশি হয় তাহা হইলে সপ ও শপ পরিমিত বলের সঙ্ঘাত বল কর্ণ রেখাক্রমে কার্য্যকারী হইবে।

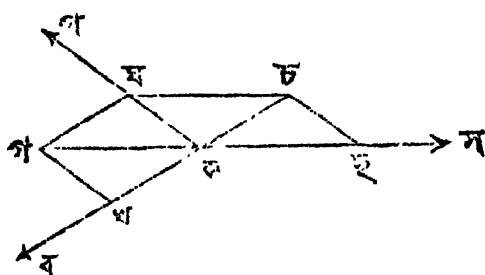
অতএব উপপন্ন হইল যে, প্রযুক্ত বল দ্বয়ের অনুপাত যদি দুইটী অখণ্ড রাশির সমান হয়, তাহা হইলে সঙ্ঘাত বলের দিক কর্ণ রেখা দ্বারা প্রকাশিত হইবে।

এক্ষণে প্রমাণ করা যাইতেছে যে, প্রযুক্ত বল দ্বয়ের

অনুপাত দুইটী অখণ্ড রাশির সমান না হইলেও কর্ণ রেখা দ্বারা উহাদের সঙ্ঘাত বলের দিক অনুসূচিত হইবে। মনে কর, কখ ও কগ রেখা দ্বারা যে দুইটী বল প্রকাশিত হইতেছে, তাহাদের অনুপাত অখণ্ড রাশি দ্বারা প্রকাশ করিতে পারা যায় না। কখগঘ সমান্তরাল ক্ষেত্র অঙ্কিত করিয়া কঘ কর্ণ রেখা টান; কঘ দ্বারা কখ ও কগএর সঙ্ঘাত বলের দিক সূচিত হইবে। যদি কঘ দ্বারা সূচিত না হয়, তাহা হইলে মনে কর যেন কচ রেখা দ্বারা সূচিত হইতেছে। কখ ও খঘ রেখাদ্বয়কে চঘ অপেক্ষা ক্ষুদ্র কতকগুলি সমান অংশে বিভাগ কর; তাহা হইলে উহাদিগের একটী অংশ অবশ্য চঘ বিন্দুদ্বয়ের মধ্যস্থিত ছ নামক কোন বিন্দুতে মিলিত হইবে। কখএর সমান্তরাল করিয়া ছজ রেখা টান। এক্ষণে দৃষ্ট হইতেছে, কখ ও কজ রেখা দ্বারা সূচিত বল দ্বয়ের অনুপাত, দুইটী অখণ্ড রাশি দ্বারা প্রকাশিত হইতে পারে, সুতরাং কছ কর্ণ রেখা সঙ্ঘাত বলের সূচক।

অতএব, (কখ ও বৃহত্তর বল কগ এর সঙ্ঘাত বল) কচ অপেক্ষা, (কখ ও ক্ষুদ্রতর বল কজ এর সঙ্ঘাত বল) কছ, কখ হইতে দূরবর্ত্তী। কিন্তু এরূপ হওয়া অসম্ভব; সুতরাং কচ দ্বারা কখ ও কগ এর সঙ্ঘাত বলের দিক্ সূচিত হওয়া সম্ভাবিত নহে। ফলতঃ কঘ ব্যতীত অন্য কোন

রেখা দ্বারাই কখ, কগ এর সঙ্ঘাত বলের অভিমুখ অনুসূচিত হওয়া অসম্ভব। অতএব কঘ কর্ণই কখ ও কগ এর সঙ্ঘাত বলের দিক্ সূচক।

এক্ষণে প্রমাণ করা যাইতেছে যে, যদি কোন সমান্তরাল ক্ষেত্রের দুইটী সন্নিকৃষ্ট বাহুদ্বারা কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত বল দ্বয়ের দিক্ ও পরিমাণ প্রকাশিত হয় তাহা হইলে উহার কর্ণ দ্বারা তাহাদের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণও প্রকাশিত হইবে।

মনে কর, ক বিন্দুটী কগ, কখ, কচ রেখা দ্বারা অনুসূচিত প, ব স তিনটী ভিন্ন ভিন্ন বল দ্বারা তিনটী ভিন্ন ভিন্ন দিকে আকৃষ্ট হইয়াও স্থির ভাবে রহিয়াছে। সুতরাং

স্বীকার করিতে হইবে ইহাদের দুইটীর সঙ্ঘাত বল অপরটীর তুল্য ও বিপরীতাভিমুখে কার্য কারী। অতএব কহ রেখা কখ ও কঘ এর সঙ্ঘাত বলের তুল্য ও বিপরীতাভিমুখ। এক্ষণে কগ কচ সমান্তরাল ক্ষেত্র অঙ্কিত করিলে কগ, কচ কর্ণ দ্বয় যথাক্রমে কহ ও কচ এর সহিত

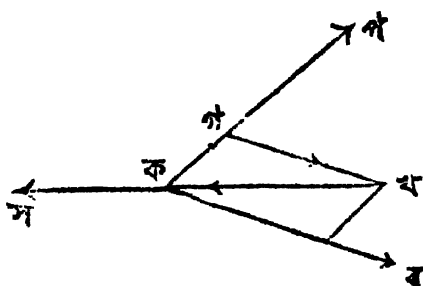
একই অভিন্ন ঋজুরেখা হইবে। সুতরাং কগখচ সমান্তরাল ক্ষেত্র এবং কগ = ঘচ = কছ। অতএব দৃষ্ট হইতেছে কগ কর্ণরেখাটী, কখ ও কঘ রেখা দ্বারা অনুসূচিত বলের সঙ্ঘাত বল স এর সূচক কছ রেখার সমান ও বিপরীতাভিমুখ। ∴ কগ কর্ণ কখ ও ক এর সঙ্ঘাত বল সূচক।

যদি প্রযুক্ত বল দ্বয়ের মান জানা থাকে তাহা হইলে অমুক্ত প্রকারে সঙ্ঘাত বলের মান অবধারণ করিতে পারা যায়। যথা,–(কখগ ত্রিভুজ অবলোকন কর) কগ^2 = কখ^2 + খগ^2 – ২ কখ খগ কোসাইন কখগ = কখ^2 + কঘ^2 + ২কখ কঘ কোসাইন খকঘ।

অতএব প ও ব যদি প্রযুক্ত বলদ্বয়ের মান হয়, আর ক্ল যদি উহাদের দিক প্রকাশক রেখাদ্বয়ের অন্তর্গত কোণ বুঝায়, তাহা হইলে উহাদের সঙ্ঘাত বল স এর বর্গ অর্থাৎ স^2 = প^2 + ব^2 + ২ পব কোসাইন ক্ল হইবে।

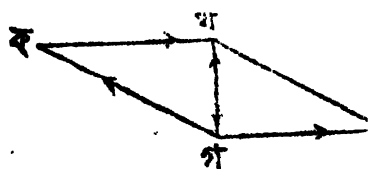
৪৭। বল বিষয়ক ত্রিকোণীক্ষেত্র। "যদি এক বিন্দুতে প্রযুক্ত সাম্যভাবাপন্ন বলত্রয়ের অভিমুখে ঋজুরেখা টানিয়া একটী ত্রিভুজক্ষেত্র অঙ্কিত করা যায়, তাহা হইলে সেই ত্রিভুজ ক্ষেত্রের বাহু গুলি ধারাবাহিকরূপে প্রযুক্ত বল গুলির প্রকাশক হইবে। আবার যদি কোন ত্রিভুজের বাহু গুলি ধারাবাহিক রূপে কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত বল গুলির সূচক হয় তাহা হইলে সেই বলত্রয় সাম্যভাবাপন্ন হইবে"। এই প্রতিজ্ঞা টীকে বল বিষয়ক ত্রিকোণী ক্ষেত্র বলে।

মনে কর ক বিন্দুতে প্রযুক্ত সাম্যভাবাপন্ন প, ব, স,

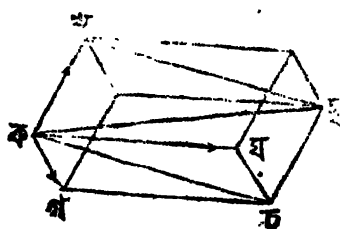
বলত্রয়ের অভিমুখে ক গা খ ত্রিভুজটী অঙ্কিত করা গেল।

কগাখ ত্রিভুজের কগা, গাখ ও খক বাহুগুলি ধারাবাহিক রূপে প ব ও স বলের সূচক হইবে। অর্থাৎ কগা যদি একটী বলের সূচক রূপে গৃহীত হইলে গাখ, খক অপর দুইটীর সূচক হইবে; খগা ও খক কি কখ ও গাক কদাচ উহাদিগের সূচিত হইবে না।

কখ সমান্তরাল ক্ষেত্র অঙ্কিত করিলে প্রতীয়মান হইবে কখ রেখা প ও ব এর সঙ্ঘাত বল সূচক। সুতরাং খক রেখা স বলের সূচক। অতএব দৃষ্ট হইয়েছে, ক বিন্দুতে প্রযুক্ত প, ব, স বলত্রয় কগাখ ত্রিভুজের বাহুগুলি দ্বারা ধারাবাহিকরূপে প্রকাশিত হইতেছে।

আবার দেখ, যদি কখগা ত্রিভুজের বাহু গুলি ধারা-

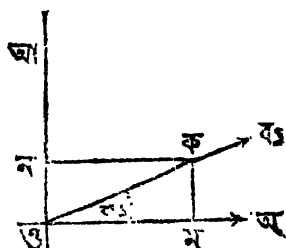
বাহিক রূপে গা বিন্দুতে প্রযুক্ত তিনটী বলের প্রকাশক

হয়, তাহা হইলে গ বিন্দুটী সাম্যভাবে থাকিবে। গক, কখ বাহু লইয়া একটী সমান্তরাল ক্ষেত্র অঙ্কিত কর, তাহা হইলে গক ও গন (বা কখ) এর সঙ্ঘাত বল গখ দ্বারা প্রকাশিত হইবে সুতরাং খগ এর দিকে গখ এর তুল্য বল প্রয়োগ করিলে সাম্যাবস্থা হইবে, তাহার সন্দেহ কি। বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীয়মান হইবে বল বিষয়ক ত্রিকোণী ক্ষেত্র, বল সমান্তরাল ক্ষেত্রের নামান্তর মাত্র।

৪৮। ভিন্ন ভিন্ন সামতলিক বলের সঙ্ঘাত বল। কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত বল সমূহ ভিন্ন ভিন্ন সমতলস্থিত ঋজু রেখা দ্বারা প্রকাশিত হইলেও বল সমান্তরাল ক্ষেত্রের সাহায্যে তাহাদিগের সঙ্ঘাত বল নিরূপণ করিতে পারা যায়।

মনে কর ক বিন্দুতে প্রযুক্ত তিনটী বল ভিন্ন ভিন্ন সমতলস্থিত কখ, কগ, কঘ নামক তিনটী ঋজু রেখা দ্বারা প্রকাশিত হইতেছে। প্রথমতঃ এক সমতলস্থ কগ, কঘ এর সঙ্ঘাত বল সূচক কচ কর্ণ রেখা অবধারণ কর। পরে কচ কখ এর সঙ্ঘাত বল সূচক

কছ কর্ণ রেখা স্থির কর। তাহা হইলে কছ রেখা দ্বারা কখ, কগ, কঘ বলত্রয়ের সঙ্ঘাত বল প্রকাশিত হইবেক।

৪৯। এক বিন্দুতে প্রযুক্ত সমসামতলিক বল সমূহের সঙ্ঘাত বল নিরূপণ। এক সমতলে অবস্থিত

হইয়া যদি কতকগুলি বল কোন বিন্দুকে আকর্ষণ করে তাহা হইলে তাহাদের সঙ্ঘাত বলের দিক ও পরিমাণ অনুক্ত প্রকারে অবধারণ করিতে পারা যায়।

মনে কর $ব_১$, $ব_২$, $ব_৩$ প্রভৃতি কতকগুলি বল ও বিন্দুতে প্রযুক্ত হইয়াছে। ও বিন্দু দিয়া ওঅ একটা ঋজু রেখা টানিয়া ওআ লম্ব উত্তোলন কর। $ব_১$ বলের অভিমুখে ও$ব_১$ রেখা টানিয়া ওক অংশ ছেদ করিয়া $ব_১$এর পরিমাণ প্রকাশ কর। এক্ষণে ওমকন আয়ত অঙ্কিত করিলে প্রতীয়মান হইবে ওক (অর্থাৎ $ব_১$) ওম এবং ওন রেখা দ্বারা সূচিত দুইটী বলের তুল্য।

যদি কওম কোণটী $ক_১$ দ্বারা প্রকাশ করা যায়, তাহা হইলে ওম এবং ওন যথাক্রমে $ব_১$ কোশিন $ক_১$ এবং $ব_১$ শিন $ক_১$ এর সহিত সমান হইবে।

এই রূপ যুক্তি দ্বারা প্রতিপন্ন করা যাইতে পারে যে, যদি ওঅ বলের সহিত $ব_২$, $ব_৩$,...বল গুলির অবনতি $ক_২$, $ক_৩$,... হয় তাহা হইলে ওঅ এবং ওআ রেখা দ্বয়ের অভিমুখে উহাদিগকে বিশ্লিষ্ট করিলে যথাক্রমে $ব_২$ কোশিন $ক_২$, $ব_৩$ কোশিন $ক_৩$... এবং $ব_২$ শিন $ক_২$, ও $ব_৩$ শিন $ক_৩$... প্রভৃতি বলগুলি প্রাপ্ত হওয়া যাইবে। সুতরাং দৃষ্ট হইতেছে প্রযুক্ত বলগুলি ওঅ এবং ওআ-এর অভিমুখে যথাক্রমে কার্য্যকারী $ব_১$ কোশিন $ক_১$ + $ব_২$ কোশিন $ক_২$ +

ব, কোশিন ক, + ... এবং ব, শিন ক, + ব, শিন ক, + ব৩ শিন ক৩ + ... বল গুলির তুল্য। এক্ষণে প্রস্তাবিত বল গুলির সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ যদি স হয় আর অা-এর সহিত উহার অবনতির পরিমাণ যদি অ হয়, তাহা হইলে ওঅ এবং ওঅা-এর অভিমুখে স এর বিশ্লেষে স কোশিন অ ও স শিন অ দুইটী বল পাওয়া যাইবে। ওঅ এবং ওঅা এর অভিমুখে প্রযুক্ত বল গুলির বিশ্লিষ্ট অংশ গুলির সমষ্টি তত্তৎ অভিমুখে সএর বিশ্লিষ্ট অংশের সমান হইবে বলা বাহুল্য মাত্র। অতএব

স কোশিন অ = ব, কোশিন ক, + ব, কোশিন ক, + ...

স শিন অ = ব, শিন ক, + ব, শিন ক, + ...

যদি ষ (ব কোশিন ক) ও ষ (ব শিন ক) লিখিয়া যথ ক্রমে ব, কোশিন ক, + ব, কোশিন ক, + ... এবং ব, শিন ক, + ব, শিন ক, + ... সমষ্টি গুলি প্রকাশ করা যায় তাহা হইলে

স কোশিন অ = ষ (ব কোশিন ক) .... (১)

স শিন অ = ষ (ব শিন ক) .... (২)

অতএব $স^2 = স^2$ ($কোশিন^2$ অ + $শিন^2$ অ)

= (ষব কোশিন ক $)^2$ + (ষব শিন ক$)^2$

এবং পশি অ = $\dfrac{\text{স শিন অ}}{\text{স কোশিন অ}}$

= $\dfrac{\text{ষ (ব শিন ক)}}{\text{ষ (ব কোশিন ক)}}$ .... (৪)

(১) ও (২) যথাক্রমে সঙ্ঘাতবলের পরিমাণ ও দিকের সূচক

যদি প্রযুক্ত বলগুলি সাম্য ভাবাপন্ন হয় তাহা হইলে সঙ্ঘাত বল স = ০ হইবে।

সুতরাং (ব ব কোশিন ক)^2 + (ব ব শিন ক)^2 = ০।

কিন্তু (ব ব কোশিন ক) ও (ব ব শিন ক) ইহারা প্রত্যেক শূন্য না হইলে উহাদের বর্গের সমষ্টি শূন্য হওয়া অসম্ভব। অতএব

ব (ব কোশিন ক) = ০ }
ব (ব শিন ক) = ০ } .... (৮)

(৫ম) দ্বারা কিরূপ অবস্থায় বলগুলির সাম্যভাব হইবে তাহা জানা যাইতেছে। সুতরাং দৃষ্ট হইতেছে, পরস্পরের সহিত লম্বভাবে অবস্থিত দুইটী ঋজু রেখাক্রমে প্রযুক্ত বল গুলিকে বিশ্লিষ্ট করিলে উহাদের প্রত্যেকের অভিমুখে কার্য্যকারী বিশ্লিষ্ট অংশ গুলির সমষ্টি যদি শূন্য হয় তাহা হইলে বল গুলির সাম্যাবস্থা হইবে।

৫০। সমান্তরাল বলের সঙ্ঘাত বল। কোন সঙ্ঘাত কঠিন দ্রব্যের অন্তর্গত বিন্দুদ্বয়ে প্রযুক্ত সমান্তরাল বলের সঙ্ঘাত বল নিরূপণ করিতে হইবে।

মনে কর, কোন সঙ্ঘাত কঠিন দ্রব্যের অন্তর্গত ক ও খ বিন্দুতে প ও ব নামক দুইটী সমান্তরাল বল প্রযুক্ত হইয়াছে। কখ ঋজুরেখা টানিয়া ক ও খ বিন্দুকে সংযুক্ত কর।

বিবেচনা কর যেমন ক ও খ বিন্দুতে বিপরীতাভিমুখে শ ও শ´ নামক দুইটী তুল্য বল প্রয়োগ করা গেল। উহাদের দ্বারা ক ও খ বিন্দুর কোন প্রকার অবস্থান্তর

হইবে না, ইহা স্পষ্টই অনুভূত হইতেছে। ক বিন্দুতে প্রযুক্ত প ও শ এর সঙ্ঘাত বল ঘক রেখাক্রমে অবস্থিত হইবে এবং ঘ বিন্দুতে প্রযুক্ত ব ও শ' এর সঙ্ঘাত বল খঘ রেখা দ্বারা প্রকাশিত হইবে। এই দুইটী সঙ্ঘাত বল সূচক রেখা বৰ্দ্ধিত হইলে ঘ নামক কোন বিন্দুতে মিলিবে; কেননা প ও ব এর মধ্যে যদি ব বৃহত্তর হয় তাহা হইলে প ও স এর সঙ্ঘাত বল প হইতে যত অন্তরে অবস্থিত, চ প এর সঙ্ঘাত বল ব হইতে তদপেক্ষা নিকটস্থিত। সুতরাং উহারা সমান্তরাল নহে, বৰ্দ্ধিত করিলেই ঘ নামক কোন বিন্দুতে মিলিত হইবে।

এক্ষণে এরূপ বিবেচনা করা যাইতে পারে যে প শ যেন সমবেত হইয়া ঘ বিন্দুতে কার্য্য করিতেছে। প ও শ এর সঙ্ঘাত বলকে ঘ বিন্দুতে বিশ্লিষ্ট করিতে ক শ ও ক প এর সহিত সমান্তরাল ঘ শ ও ঘ গ রেখার অভিমুখে শ ও প এর সমান দুইটী বল পাওয়া যাইবে। ঐরূপ বশ' এর সঙ্ঘাত বলের বিশ্লেষে ঘশ' ও ঘগ এর অভিমুখে শ' ও ব এর সমান আর দুইটী বল উৎপন্ন হইবে।

শ ও শ´ বলদ্বয় তুল্য ও বিপরীতাভিমুখ বশতঃ পরস্পরকে নষ্ট করিবে। অতএব প ও ব, ঘ অথবা গ বিন্দুতে কার্য্যকারী প+ব পরিমিত বলের সমান অর্থাৎ প ও ব এর সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ প+ব এর তুল্য।

এক্ষণে গ বিন্দুর অবস্থিতি নির্ণয় করা যাইতেছে।

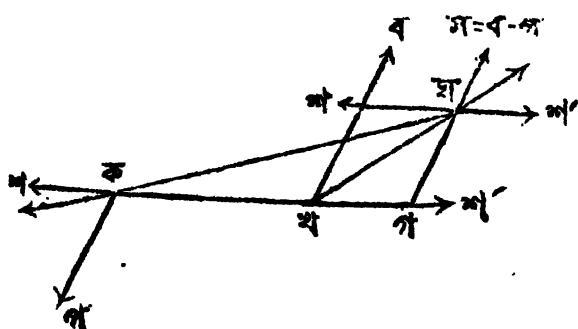
কগঘ ত্রিভুজের বাহু গুলি ধারাবাহিক রূপে প, শ এবং পশ এর সঙ্ঘাত বল প্রকাশক। সুতরাং প : শ : : গঘ : কগ। আবার খগঘ ত্রিভুজের বাহুগুলি ধারাবাহিক রূপে ব, শ´ এবং বশ´ এর সঙ্ঘাত বলের সূচক হইয়াছে শ´ : ব :: খগ : গঘ, সুতরাং প : ব :: খগ কগ

অর্থাৎ প × কগ = ব × খগ ....(১)

$$\text{অতএব}\ \frac{\text{প}}{\text{প}+\text{ব}} = \frac{\text{খগ}}{\text{খগ}+\text{কগ}} = \frac{\text{খগ}}{\text{কখ}}$$

$$\therefore \text{খগ} = \frac{\text{প}}{\text{প}+\text{ব}}\text{কখ} \text{ .... (৫)}$$

$$\text{ঐরূপ কখ} = \frac{\text{ব}}{\text{প}+\text{ব}}\text{খগ}$$

যদি প ও ব বিপরীতাভিমুখে কার্য্যকারী হয় তাহা

হইলে ঐরূপ যুক্তি দ্বারা প্রতিপন্ন করা যাইতে পারে যে উহাদের সঙ্ঘাত বল ব—প হইবে এবং গ বিন্দুর অবস্থিতি

প × কগ = ব × খগ .... (১)

অথবা কগ = $\frac{ব}{ব—প}$ কখ .... (২)

সমীকরণ হইতে নিরূপিত হইবে।

বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে গ বিন্দুর অবস্থিতি প ও ব এর অভিমুখ সাপেক্ষ নহে।

৪র্থ পরিচ্ছেদ।

ভারকেন্দ্র।

৫১। পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ দ্বারা জড় দ্রব্যের অণুসকল উহার কেন্দ্র অর্থাৎ মধ্যাভিমুখে আকৃষ্ট হইয়া থাকে। দ্রব্যাদির অণুদিগের পরস্পরের সহিত যে অন্তর তাহার সহিত তুলনায় পৃথিবীর কেন্দ্র এত দূরে অবস্থিত যে পরমাণু সকল যে সকল বল দ্বারা আকৃষ্ট হয় তাহাদিগকে সমান্তরাল বলিয়া বিবেচনা করা যাইতে পারে। পরন্তু কোন বস্তু পৃথিবী কর্তৃক যে বলে আকৃষ্ট হয়, তাহাই তাহার ভারের বিজ্ঞাপক। সুতরাং প্রতীয়মান হইতেছে, পূর্ব্বোক্ত সমান্তরাল বলগুলি স্ব স্ব আকর্ষণাধীন অণুদিগের ভারের অনুসূচক। আরও বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে দ্রব্যাদির ভার তাহাদিগের পরমাণুদিগের

ভারের সমষ্টির তুল্য। সুতরাং স্বীকার করিতে হইবে কোন দ্রব্যের অণুসকল যে সমুদায় সমান্তরাল বলের বশবর্ত্তী উহার ভার তাহাদের সজ্ঘাত বলের সমান। অপিচ, অণুদিগের ভারগুলি সমবেত হইয়া যে বিন্দুতে কার্য্যকারী হয় তদুৎপন্ন দ্রব্যের ভারও অবশ্য সেই বিন্দুতে কার্য্যকারী হইবে। পরন্তু অণুদিগের ভারগুলি তৎসূচক সমান্তরাল বল সমূহের কেন্দ্র স্থানে অবস্থিত হইয়া কার্য্যকারী হইয়া থাকে। অতএব সমুদায় দ্রব্যটীর ভারও ঐ সকল সমান্তরাল বলের কেন্দ্র স্থানে কার্য্যকারী হইবে। পূর্ব্বে উক্ত হইয়াছে, সমান্তরাল বল সমূহের কেন্দ্র স্থল ও উহাদিগের সজ্ঘাত বলের প্রয়োগ বিন্দু একেবারে অভিন্ন। সুতরাং কোন জড় বস্তুর অণুসকল যে সমস্ত সমান্তরাল বলের অধীন তাহাদের কেন্দ্র স্থানেই উহার সমুদায় ভার কার্য্যকারী হইয়া থাকে। ফলতঃ এই নিমিত্তই উল্লিখিত সমান্তরাল বল সমূহের কেন্দ্র অর্থাৎ উহাদের সজ্ঘাত বলের কার্য্য স্থানকে দ্রব্যাদির 'ভারকেন্দ্র' বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়।

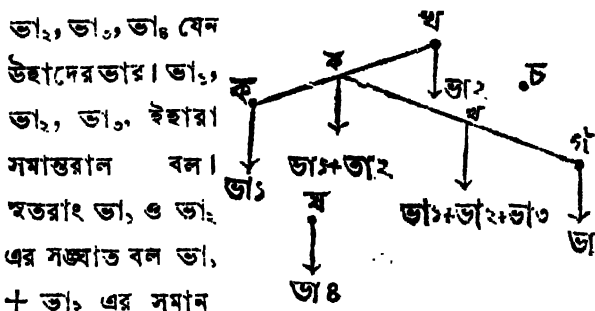
সকল দ্রব্যেরই এক একটী ভারকেন্দ্র আছে কিন্তু কোন বস্তুরই একাধিক ভারকেন্দ্র থাকা সম্ভাবিত নহে; কেননা এক একটী সমান্তরাল বল সংহতির এক একটীর অধিক সজ্ঘাত বল থাকা অসম্ভব।

পূর্ব্বেই উক্ত হইয়াছে, সমান্তরাল বল সকলের কেন্দ্র তাহাদের দিক্ প্রকাশক রেখার অবনতি সাপেক্ষ নহে। সুতরাং কোন দ্রব্যের অবস্থিতি যেরূপ হউক না কেন,

উহার ভারকেন্দ্র যদি অবলম্বন প্রাপ্ত হয় তাহা হইলে সমুদায় বস্তুটী স্থির হইয়া থাকিবে।

৫২। কতকগুলি জড় বিন্দুর ভার ও অবস্থান জান আছে, উহাদের ভারকেন্দ্র নিরূপণ করিতে হইবে।

ক, খ, গ, ঘ,...যেন কতকগুলি জড় বিন্দু এবং ভা$_1$, ভা$_2$, ভা$_3$, ভা$_4$ যেন উহাদের ভার। ভা$_1$, ভা$_2$, ভা$_3$, ইহারা সমান্তরাল বল। সুতরাং ভা$_1$ ও ভা$_2$ এর সঙ্ঘাত বল ভা$_1$ + ভা$_2$ এর সমান

ক খ চ গ ঘ ভা$_1$ ভা$_2$ ভা$_1$+ভা$_2$ ভা$_1$+ভা$_2$+ভা$_3$ ভা ভা৪

এবং ক খ রেখার অন্তর্গত ক-নামক এরূপ একটী বিন্দুতে কার্য্যকারী যে ভা$_1$ × ক$_x$ = ভা$_2$ × খ ক। আবার ক বিন্দুতে কার্য্যকারী ভা$_1$ + ভা$_2$ এবং গ বিন্দুস্থ ভা$_3$ এর সঙ্ঘাত বল ভা$_1$ + ভা$_2$ + ভা$_3$ এর সমান এবং কগ রেখাস্থ খ নামক এমন একটী বিন্দুতে কার্য্যকারী যে, (ভা$_1$ + ভা$_2$) × কখ = ভা$_3$ × গ খ।

এই রূপে খ বিন্দুস্থ ভা$_1$ + ভা$_2$ + ভা$_3$ ও ঘ বিন্দুস্থ ভা$_4$ এর সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ ও প্রয়োগ বিন্দু অবধারণ করা যাইতে পারে। ফলতঃ জড়বিন্দুর সংখ্যা যতই হউক না কেন, তাহাদের ভার ও অবস্থান জানা থাকিলে তাহাদের ভার সূচক সমান্তরাল বলগুলির সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ ও প্রয়োগ বিন্দু এই প্রকারে নিরূপণ করা যাইতে

পারে। ভা১, ভা২, ভা৩, ভা৪ ... বলগুলির সঙ্ঘাত বলের প্রয়োগ বিন্দুই যে ক, খ, গ, ঘ, ... জড়বিন্দু গুলির ভার কেন্দ্র, ইহা বাহুল্য মাত্র।

৫৩। **সমঘন দণ্ডের ভারকেন্দ্র নিরূপণ।** কোন সমঘন দণ্ড, প্রাকৃতিক ঋজু রেখা বা শলাকার ভার কেন্দ্র অবধারণ করিতে হইবে।

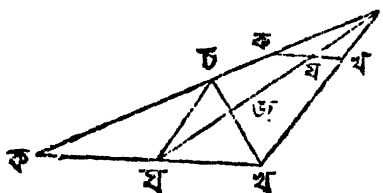
মনে কর, কখ যেন একটী সমঘন দণ্ড। ইহার ভার কেন্দ্র স্থির করিতে হইবে।

ক —— গ —— খ

যদি দুইটী বিন্দুর ভার সমান হয় তাহা হইলে তাহাদিগকে ঋজু রেখা দ্বারা সংযুক্ত করিলে সেই রেখার মধ্য বিন্দুটী যে উক্ত বিন্দুদ্বয়ের ভারকেন্দ্র হইবে, ইহা অবশ্যই স্বীকার করিতে হইবে। এক্ষণে বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে প্রাকৃতিক রেখা সকল প্রাকৃতিক বিন্দুর সমষ্টি মাত্র। সুতরাং প্রস্তাবিত শলাকার মধ্য বিন্দু খএর ভিন্ন ভিন্ন পার্শ্বস্থিত সমান দূরে অবস্থিত যে দুইটী বিন্দু লইবে তাহাদেরই ভারকেন্দ্র গ বিন্দুতে অবস্থিত হইবে। সুতরাং সমুদায় শলাকার ভারকেন্দ্র উহার মধ্য বিন্দু গ তে অবস্থিত।

৫৪। **ত্রিভুজের ভারকেন্দ্র নিরূপণ।** মনে কর কখগ যেন একটী অতি সামান্য কিন্তু সমবেধ সম্পন্ন ত্রিভুজ। গ বিন্দু হইতে কখকে সমদ্বিখণ্ডিত করিয়া গঘ এবং খ বিন্দু হইতে কগকে সম দ্বিখণ্ডিত করিয়া

খচ রেখা টানিলে উহাদের সম্পাত বিন্দু জ ত্রিভুজের ভারকেন্দ্র হইবে।

ত্রিভুজটীকে কখএর সহিত সমান্তরাল কতকগুলি প্রাকৃতিক ঋজু রেখার সমষ্টি বলিয়া কল্পনা করা যাইতে পারে। এক্ষণে কখ যদি ঐ রূপ একটী রেখা হয় এবং গঘএর সহিত উহার সম্পাত বিন্দু যদি ঘ হয় তাহা হইলে ঘ বিন্দুটী কখএর মধ্য বিন্দু হইবে ; কেননা সদৃশ ত্রিভুজের ধর্ম্মানুসারে

গঘ : ঘক :: গঘ : ঘক

:: গঘ : ঘখ

:: গঘ : ঘখ

অতএব কখ রেখার ভার কেন্দ্র গ। এই রূপে সপ্রমাণ করা যাইতে পারে. কখএর সহিত সমান্তরাল রেখা মাত্রেই গঘ দ্বারা সমদ্বিখণ্ডিত হইবে। সুতরাং তাহাদিগের ভারকেন্দ্রও ঐ রেখাতে অবস্থিত হইবে। অতএব ত্রিভুজটীর ভারকেন্দ্র গঘ রেখায় অবস্থিত।

উক্ত রূপ যুক্তি দ্বারা আরও প্রতিপন্ন করা যাইতে পারে যে ত্রিভুজের ভার কেন্দ্র খচ রেখায় অবস্থিত হইবে।

অতএব গঘ ও খচ রেখার সম্পাত বিন্দু জই ত্রিভুজের ভারকেন্দ্র।

এক্ষণে ঘজএর মান নিরূপিত হইতেছে। ঘচ বিন্দু

দ্বয়কে যোগ কর। তাহা হইলে ঘচ রেখা খগ এর সমান্তরাল হইবে। ইউ, ৬ষ্ঠ, ২য়.)

∴ গখজ ও চঘজ পরস্পরের সদৃশ,

সুতরাং গজ : জঘ : : খগ : ঘচ

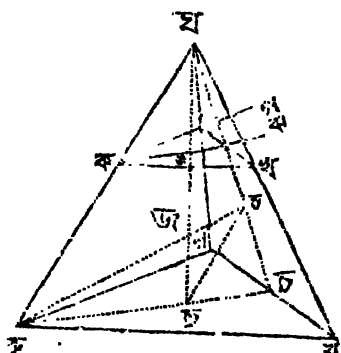
$=$ ২ : ১

∴ গজ $=$ ২ জঘ

∴ ঘজ $= \frac{1}{3}$গঘ, এবং গজ $= \frac{2}{3}$গঘ

অতএব প্রতীয়মান হইতেছে কোন ত্রিভুজের কোন একটী কোণ হইতে সম্মুখস্থ বাহু সমদ্বিখণ্ডিত করিয়া একটী ঋজুরেখা টানিলে, সেই ঋজু রেখাস্থ যে বিন্দুটী উক্ত কোণ হইতে সেই রেখার $\frac{2}{3}$ অথবা উক্ত বাহুর মধ্যবিন্দু হইতে সেই রেখার $\frac{1}{3}$ অংশ পরিমাণ অন্তরে অবস্থিত তাহাই ত্রিভুজের ভার কেন্দ্র।

৫৫। ত্রিকোণী সূচীর ভার কেন্দ্র নিরূপণ।

কখঘগ ত্রিকোণী সূচীর ভারকেন্দ্র নির্ণয় করিতে হইবে। খগ ভূমিকে চ বিন্দুতে সমদ্বিখণ্ডিত করিয়া কচ ও ঘচ রেখা টান। কচ এবং ঘচ হইতে $\frac{1}{3}$ কচ ও $\frac{1}{3}$ ঘচ এর সমান কচ ও ঘচ নামক দুইটী অংশ ছেদ করিয়া লইলে চ ও ছ বিন্দু ঘখগ ও কখগ ত্রিভুজের ভার কেন্দ্র হইবে।

ছঘ ও চক রেখা টানিলে উহাদিগের সম্পাত বিন্দু জ প্রস্তাবিত সূচীর ভারকেন্দ্র হইবে।

কখগঘ সূচীটাকে কখগ ত্রিভুজের সহিত সমান্তরাল কতকগুলি ত্রিভুজের সমষ্টি বলিয়া কল্পনা করা যাইতে পারে। মনে কর কখগ যেন ঐরূপ একটা ত্রিভুজ। স্পষ্টই লক্ষিত হইতেছে, কখ, খগ, গক বাহুগুলি ক্রমান্বয়ে কখ, খগ, গক বাহুগুলির সহিত সমান্তরাল। ঘচ রেখা দ্বারা গখ সমদ্বিখণ্ডিত হইতেছে, কেননা,

ঘঝ : গঝ = ঘচ : চগ = ঘচ : চখ

= ঘ : ঝখ. ∴গঝ = ঝখ।

আরও কচ ধরাতল কখগ ও কখগ সমান্তরাল ত্রিভুজদ্বয়কে কচ ও কঝ রেখাতে ছেদ করিতেছে, সুতরাং কচ ও কঝ সমান্তরাল।

অতএব ঘজ : কজ : : ঘছ : কছ এবং

জঝ : ঘজ : : চছ : ঘছ

∴ জঝ : কজ : : ছচ : কছ

: : ১ : ২

অতএব কখগ ত্রিভুজের ভারকেন্দ্র জ। এই রূপে সপ্রমাণ করা যাইতে পারে যে কখগ এর সহিত সমান্তরাল ত্রিভুজ মাত্রেরই ভারকেন্দ্র ঘছ রেখায় অবস্থিত। সুতরাং প্রস্তাবিত সূচীর ভারকেন্দ্রও ঐ রেখাতে স্থিত।

উল্লিখিত রূপ যুক্তি দ্বারা আরও প্রতিপন্ন করা যাইতে পারে যে সূচীটীর ভার কেন্দ্র কচ রেখায় অবস্থিত।

অতএব স্বীকার করিতে হইবে যে কচ ও ঘছ রেখার সম্পাত বিন্দু জ ই প্রস্তাবিত সূচীর ভারকেন্দ্র।

এক্ষণে ছজ এর মান অবধারণ করা যাইতেছে। ছচ যোগ কর। ছচ রেখা দ্বারা কচ ও ঘচ সমানুপাতিক অংশে বিচ্ছিন্ন হইতেছে, সুতরাং কঘ ও ছচ সমান্তরাল, এবং কজঘ ও চজছ ত্রিভুজ দ্বয় পরস্পরের সদৃশ।

$$\therefore \text{ঘজ} : \text{জছ} = \text{কঘ} : \text{ছচ}$$
$$= \text{ঘচ} : \text{ছচ}$$
$$= ৩ : ১$$

$$\because \text{জছ} = \tfrac{১}{৩}\,\text{ঘজ} = \tfrac{১}{৪}\,\text{ঘছ}।$$

অতএব কোন ত্রিকোণী সূচীর ভূমির ভারকেন্দ্র ও শীর্ষকোণ যে ঋজুরেখা দ্বারা সংযুক্ত উহার ভারকেন্দ্র সেই রেখাতে অবস্থিত এবং ভূমির ভারকেন্দ্র ও শীর্ষকোণ হইতে উহার অন্তর সেই রেখার $\frac{১}{৪}$ ও $\frac{৩}{৪}$ অংশের তুল্য।

৫৬। বহুকোণী সূচীর ভারকেন্দ্র নিরূপণ। বহুকোণী সূচীর ভারকেন্দ্রও উহার শীর্ষ কোণ ও ভূমির ভারকেন্দ্র যে রেখা দ্বারা সংযুক্ত সেই রেখাতে অবস্থিত এবং শীর্ষ কোণ ও ভূমির ভারকেন্দ্র হইতে উহার অন্তর যথাক্রমে উক্ত রেখার $\frac{৩}{৪}$ ও $\frac{১}{৪}$ অংশের সমান।

মনে কর শা কোন বহু কোণী সূচীর শীর্ষ ও $জ_১$ উহার ভূমির ভারকেন্দ্র। $শাজ_১$ যোগ কর। ভূমির সহিত সমান্তরাল কতকগুলি বহুকোণী ক্ষেত্রের যোগে সূচীটী উৎপন্ন বলিয়া অনুভব কর। এই সকল বহুকোণী ক্ষেত্রের ভারকেন্দ্র যে $শাজ_১$ রেখায় অবস্থিত ইহা অবধাবন করিয়া

দেখিলেই বোধ হইবে। অতএব সমুদায় সূচীটীরও ভারকেন্দ্র শজ, রেখায় অবস্থিত। আবার দেখ, যদি জ, হইতে রেখা টানিয়া ভূমির কোণ গুলি সংযুক্ত কর। যায় তাহা হইলে ভূমিতে যত গুলি বাহু আছে প্রস্তাবিত সূচীও তত গুলি ত্রিকোণী সূচীতে বিভক্ত হইবে। শজ, রেখাতে জ নামক একটা বিন্দু লও যে জজ, ... শজ, হইবে। জ বিন্দু দিয়া ভূমির সমান্তরাল একটী সমতল অঙ্কিত কর। বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে, ত্রিকোণী সূচী গুলির ভারকেন্দ্র এই সমতলে অবস্থিত, সুতরাং বহু কোণী সূচীর ভারকেন্দ্রও ঐ সমতলস্থ হইবে। পরন্তু সমুদায় সূচীর ভারকেন্দ্র শজ, রেখায় অবস্থিত, অতএব উল্লিখিত সমতল ও রেখায় সম্পাত বিন্দু জ ই বহু কোণী সূচীর ভারকেন্দ্র।

৫৭। বৃত্ত সূচীর ভারকেন্দ্র। বৃত্তসূচীসমূহ অনন্ত বাহু সম্পন্ন বহুকোণী সূচী ব্যতীত আর কিছুই নহে। বৃত্তাকার ক্ষেত্রের কেন্দ্রই ভার কেন্দ্র। সুতরাং বৃত্তসূচীর শীর্ষদেশ ও ভূমির মধ্য বিন্দু যে রেখা দ্বারা সংযুক্ত উহার ভারকেন্দ্র সেই রেখাতে অবস্থিত এবং শীর্ষও ভূমির কেন্দ্রস্থল হইতে উহার অন্তর যথাক্রমে সেই রেখার ¾ ও ¼ অংশের তুল্য।

৫৮। স্থায়ী, অস্থায়ী ও উদাসীন সাম্যভাব। যে ভাবে অবস্থিত হইলে কোন দ্রব্যের সাম্যভাব সহজে বিনষ্ট হয় না এবং ঈষৎ সঞ্চালিত হইলেও পুনর্ব্বার পূর্ব্বাবস্থা প্রাপ্ত হয় সেই ভাবকে তাহার 'স্থায়ী ভাব' কহে।

আর যে ভাবে অবস্থিত হইলে ঈষৎ সঞ্চালন বশতঃই সাম্যভাবের নাশ হয় তাহাকে অস্থায়ী সাম্য-ভাব বলে। আর যে ভাবে অবস্থিত হইলে অবস্থান্তর বশতঃ সাম্য-ভাবের ধ্বংস হয় না, প্রত্যুত সেই নূতন অবস্থাতেও পুনর্ব্বার সাম্যভাব ধারণ করে তাহাকে 'উদাসীন' ভাব কহে।

একটী মোচার অগ্রভাগ কাটিয়া লইয়া এই বিষয়টা অনায়াসে পরীক্ষা করিয়া দেখা যাইতে পারে। যদি উহার প্রশস্ত মুখটী কোন সমতল ভূমির উপর রাখা যায় তাহা হইলে অল্প পরিমাণে বিচলিত হইলেও অবস্থান্তর প্রাপ্ত হয় না; এই নিমিত্ত উহার ঈদৃশ সাম্যাবস্থাকে স্থায়ী সাম্যভাব কহে। কিন্তু উহার সূক্ষ্মদেশ অধোদিকে স্থাপিত করিয়া রাখিলে কিঞ্চিন্মাত্র বিচলিত হইলেই স্থির থাকিতে না পারিয়া পড়িয়া যায়, এই নিমিত্ত উহার এরূপ সাম্যা-বস্থাকে অস্থায়ী সাম্যভাব বলে। আর যদি উহারে সম-তল ভূমির উপর কাৎ করিয়া ফেলিয়া রাখ তাহা হইলে চালিত করিলে অবস্থান্তর প্রাপ্ত হয় বটে কিন্তু সেই নূতন অবস্থাতেও পূর্ব্বের ন্যায় স্থির হইয়া থাকে, এই নিমিত্ত উহার ঈদৃশ সাম্যভাবকে উদাসীন সাম্যভাব বলা যাইতে পারে।

স্থায়ী অস্থায়ী ও উদাসীন সাম্যভাবের আর এক একটী উদাহরণ দেওয়া যাইতেছে।

১. রজ্জু দ্বারা লম্বিত ভারী বস্তুর সাম্যভাব স্থায়ী, কেননা বিচলিত হইলে ঐ বস্তুটী পুনর্ব্বার পূর্ব্বাবস্থা প্রাপ্ত হয়।

২. অঙ্গুলির অগ্রদ্বারা লম্বভাবে ধৃত যষ্টির সাম্যভাব অস্থায়ী।

৩. সমতল ভূমিতে স্থাপিত ভাঁটার সাম্যভাব উদাসীন কেননা গড়াইয়া দিলেও নূতন অবস্থায় পূর্ব্বের ন্যায় সাম্যভাবে থাকে।

৫ম পরিচ্ছেদ।

বলমূলক যন্ত্র।

৫৯। যন্ত্র যদ্দ্বারা এক স্থানে প্রযুক্ত বল স্থানান্তরে ভিন্ন রূপে কার্য্যকারী হয় তাহার নাম যন্ত্র।

বক্ষ্যমাণ যন্ত্র কএকটীর পরস্পর সংযোগে যাবতীয় যন্ত্র বিনির্ম্মিত হইয়া থাকে, এই নিমিত্ত ইহাদিগকে বিশুদ্ধ যন্ত্র বলা যায়। বিশুদ্ধ যন্ত্র সমুদায়ে ষড়্বিধ। যথা :—

১. দণ্ড যন্ত্র

২. অক্ষচক্র যন্ত্র

৩. কপি যন্ত্র

৪. ক্রম নিম্ন ধরাতল যন্ত্র

৫. কাজলা বা ছেনি যন্ত্র

৬. স্ক্রু যন্ত্র

পরন্তু দণ্ডযন্ত্র ও ক্রমনিম্ন ধরাতল যন্ত্রের সংযোগে অপর চারিটী যন্ত্র উৎপন্ন হইয়া থাকে। সুতরাং স্বীকার করিতে হইবে যে বিশুদ্ধ যন্ত্র সমুদায়ে দ্বিবিধ। তথাপি উল্লিখিত ছয়টী যন্ত্রেরই নির্ম্মাণ প্রণালী অপেক্ষাকৃত

সরল বলিয়া পণ্ডিতেরা উহাদিগকে সরল ও বিশুদ্ধ যন্ত্র বলিয়া নির্দ্দেশ করিয়াছেন।

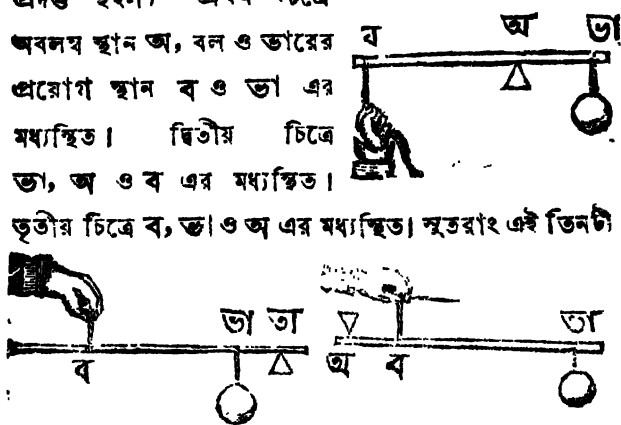
যদ্দ্বারা যন্ত্র সকল পরিচালিত হয় তাহার নাম বল। আর যন্ত্র দ্বারা কোন কার্য্য সম্পাদন করিতে হইলে যে প্রতিবন্ধক অতিক্রম করিতে হয় তাহার নাম ভার।

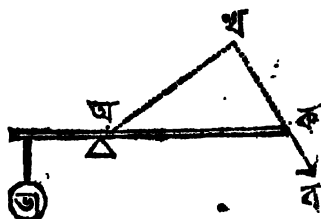
যদি ব বলিতে বল ও ভা বলিতে ভার বুঝায় তাহা হইলে $\frac{ভা}{ব}$ দ্বারা যন্ত্রের কার্য্যকারিত্ব পরিমিত হইবে।

৬০। দণ্ডযন্ত্র,—সরল দণ্ডযন্ত্র ও বক্র দণ্ডযন্ত্র। যদি কোন কঠিন দণ্ড কোন দৃঢ় বদ্ধ বিন্দুর চতুঃপার্শ্বে ঘুরিতে থাকে, তাহা হইলে তাহাকে দণ্ড যন্ত্র বলা যায়। যে দৃঢ় বদ্ধ বিন্দুর চতুর্দ্দিকে দণ্ড যন্ত্র ঘূর্ণিত হয় তাহাকে উহার অবলম্ব বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়। যে দণ্ডযন্ত্রের দণ্ড সরল তাহাকে সরল দণ্ড যন্ত্র, আর যাহার দণ্ড বক্র তাহাকে বক্র দণ্ড যন্ত্র বলে।

৬১। অবলম্ব মধ্যক, ভারমধ্যক ও বলমধ্যক দণ্ড যন্ত্র। অবলম্ব, বলের কার্য্য স্থান ও ভারের কার্য্য স্থান এই তিনের অবস্থিতি ভেদে দণ্ড যন্ত্র ত্রিবিধ। যে দণ্ড যন্ত্রের অবলম্ব, বল ও ভারের কার্য্য স্থানের মধ্যস্থিত তাহাকে 'অবলম্ব মধ্যক'; যাহার ভারের কার্য্য স্থান অবলম্ব ও বলের কার্য্য স্থানের মধ্যস্থিত তাহাকে 'ভার মধ্যক'; আর যাহার বলের কার্য্য স্থান অবলম্ব ও ভারের কার্য্য স্থানের মধ্যস্থিত তাহাকে 'বল মধ্যক' দণ্ড যন্ত্র বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়।

এস্থলে এই ত্রিবিধ দণ্ড যন্ত্রের এক একটী প্রতিকৃতি প্রদত্ত হইল। প্রথম চিত্রে অবলম্ব স্থান অ, বল ও ভারের প্রয়োগ স্থান ব ও ভা এর মধ্যস্থিত। দ্বিতীয় চিত্রে ভা, অ ও ব এর মধ্যস্থিত।

তৃতীয় চিত্রে ব, ভা ও অ এর মধ্যস্থিত। সুতরাং এই তিনটী

চিত্র দ্বারা যথাক্রমে অবলম্ব মধ্যক, ভার মধ্যক ও বল-মধ্যক দণ্ড যন্ত্রের প্রতিরূপ প্রকাশিত হইতেছে।

৬৩। দণ্ড যন্ত্রের ভুজ। অবলম্ব স্থল হইতে বল ও ভারের অভিমুখে লম্বপাত করিলে সেই লম্ব দ্বয়কে দণ্ড যন্ত্রের ভুজ বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়। প্রদত্ত চিত্র ত্রয়ে দণ্ডগুলি সমতল এবং বল ও ভার লম্বভাবে কার্য্যকারী, সুতরাং অব ও অভা দ্বারাই ভুজগুলি সূচিত হইতেছে। পরন্তু দণ্ড যদি ঠিক সরল না হয় অথবা যদি বল কি ভারসূচক রেখার সহিত

উহার অবনতি সমকোণ না হয়, তাহা হইলে অবলম্ব হইতে লম্ব টানিয়া ভুজের পরিমান অবধারণ করিতে হয়। পার্শ্বস্থ চিত্রে অথ দ্বারা বলের অভিমুখের ভুজটী প্রকাশিত হইতেছে।

৬৪। দণ্ড যন্ত্রের কার্য্যকারিত্ব। সমান্তরাল বল বিষয়ে যাহা উক্ত হইয়াছে বিবেচনা করিয়া দেখিলে তাহা হইতে প্রতীয়মান হইবে যে ব×বঅ = ভা × ভাঅ হইলে দণ্ডের সাম্যাবস্থা হয়। অর্থাৎ বল ও ভারকে স্ব স্ব সন্নিহিত ভুজ দিয়া গুণ করিলে যদি গুণ ফল সমান হয় তাহা হইলে সাম্য ভাব হইবে। অতএব,

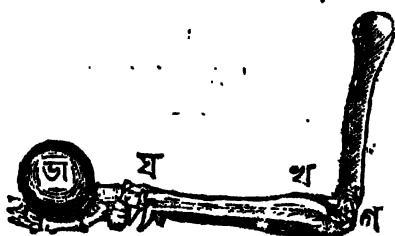
$$\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{\text{অ হইতে ব এর অভিমুখে বিনিক্ষিপ্ত লম্ব}}{\text{অ হইতে ভা এর অভিমুখে বিনিক্ষিপ্ত লম্ব}}।$$

৬৫। দণ্ড যন্ত্রের কতিপয় দৃষ্টান্ত স্থল। বৃহৎ কাষ্ঠ তুলিতে হইলে কখন কখন এক খান বাঁশ লইয়া তাহার নীচে এক খানি প্রস্তর বা ইষ্টক স্থাপন করিয়া তাহার এক প্রান্ত সেই কাষ্ঠের নীচে প্রবিষ্ট করিয়া দিয়া অপর প্রান্ত ধরিয়া চাপ দিয়া থাকে। এবংবিধ যন্ত্র এক প্রকার অবলম্ব মধ্যক দণ্ড যন্ত্র ব্যতীত আর কিছুই নহে। কাঁচি দুইটী অবলম্ব মধ্যক দণ্ড যন্ত্রের সংযোগে উৎপন্ন হইয়া থাকে। ঢেঁকিও এক প্রকার অবলম্ব মধ্যক দণ্ড যন্ত্র।

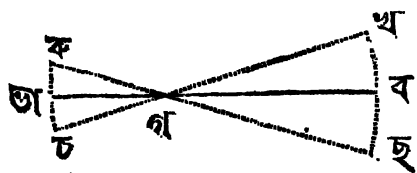
অবলম্ব মধ্যক দণ্ড যন্ত্রের কয়েকটী উদাহরণ দেওয়া হইল, এক্ষণে ভারমধ্যক দণ্ড যন্ত্রের কয়েকটী উদাহরণ প্রদত্ত হইতেছে। নৌকার দাঁড় একপ্রকার ভার মধ্যক দণ্ড যন্ত্র। জল উহার অবলম্ব, নৌকা ভার ও দাঁড়ি

দিগের আকর্ষণ বল। দ্বারের কপাটও এক প্রকার ভার মধ্য দণ্ড যন্ত্র। উহার এক প্রান্তস্থিত কব্জা কি হাঁসকল অবলম্ব, যে বলে টানা যায় তাহা অপর প্রান্তে কার্য্যকারী এবং উহার ভার এই দুইয়ের মধ্যস্থিত। যাঁতি দুইটী ভারমধ্যক দণ্ড যন্ত্রের সংযোগে উৎপন্ন। উহার এক প্রান্তস্থিত খিল অবলম্ব, অপর প্রান্তে যে চাপ দেওয়া যায় তাহাই বল, এবং গুবাকাদি যে সকল দ্রব্য উহার মধ্যে স্থাপন করা যায় তাহাই ভার।

বল মধ্যক দণ্ড যন্ত্রের উদাহরণ অতি বিরল। তাহাতে ভার অপেক্ষা বল অবলম্বের সন্নিহিত হওয়াতে অধিক বল প্রয়োগ করিলেও অল্প বলের কার্য্য হইয়া থাকে। বলের লোকসান হইলে সুতরাং বেগের লাভ হয়, এই নিমিত্ত যেখানে অধিক বেগের প্রয়োজন বা যে স্থলে প্রতিবন্ধক অতি অল্প কেবল সেই রূপ স্থলে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বলের অপচয় হয় বলিয়া এরূপ যন্ত্র সচরাচর ব্যবহৃত হয় না, কিন্তু জগদীশ্বর প্রাণীগণের শরীর নির্ম্মাণ কালে এইরূপ দণ্ড যন্ত্র ব্যবহার করিয়াছেন।

আমাদের হস্তই ইহার এক উৎকৃষ্ট উদাহরণ স্থল। আমাদের হাতের কনুই অবলম্ব, ঐ কনুইয়ের নিম্নস্থ মাংসপেশীর আকুঞ্চন ও প্রসারণই বল এবং হস্ত ও

তদ্দ্বারা যাহা কিছু তোলা যায় তাহাই ভার। হস্ত যদি এক ফুট উঠে তাহা হইলে উল্লিখিত পেশি ১ ইঞ্চি পরিমাণে আকুঞ্চিত হয়; অর্থাৎ যে বলে হস্ত চালিত হয় তাহার দ্বাদশ গুণ অধিক বলে উক্ত পেশী সকুঞ্চিত হইয়া থাকে।

৬৬। যন্ত্রদ্বারা বলের লাভ করিতে গেলে বেগ ও সময়ের লোকসান করিতে হয়। এক্ষণে অভিনিবেশ পূর্ব্বক বিবেচনা করিয়া দেখিলেই বোধ হইবে, সন্নিহিত ভুজের পরিমাণ তাদৃশ অধিক হইলে অল্পমাত্র বল দ্বারা গুরু ভার ধৃত ও উত্তোলিত হইতে পারে।

পার্শ্ববর্ত্তী চিত্রের প্রতি দৃষ্টিপাত করিলে প্রতীতি হইবে যে ভুজ যত বৃহৎ হয়, তাহার প্রান্ত ভাগ তত বেগে ঘূর্ণিত হইয়া থাকে। কেননা যে সময়ের মধ্যে ব বিন্দুর দ্বারা

খছ বৃত্তাংশ নিষ্কাশিত হইবে সেই সময়ে ভা বিন্দুটী কচ বৃত্তাংশ মাত্র পরিক্রমণ করিবে। ফলতঃ

গব : গভা : : খছ : কচ

কিন্তু ভা : ব : : গব : গভা

∴ ভা : ব : : খছ : কচ

∴ ভা × কচ = ব × খছ

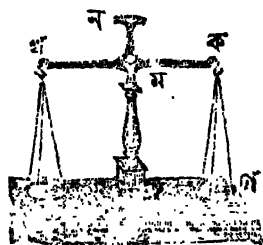
অর্থাৎ ভার ও বলকে স্ব স্ব বেগ দ্বারা গুণ করিলে যদি

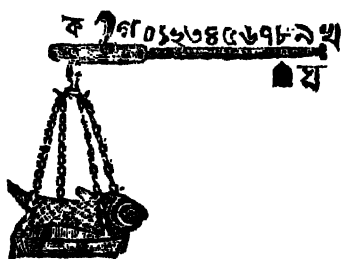
গুণফল সমান হয় তাহা হইলে সাম্যভাব হইবে। ভা ও ব উভয়েই এক একটী নির্দ্দিষ্ট পরিমাণ বলের সূচক ইহা বলা বাহুল্য মাত্র। অতএব প্রযুক্ত বল দ্বয়কে তাহাদের বেগ দ্বারা গুণ করিলে যদি গুণ ফল সমান হয় তাহা হইলে সাম্যাবস্থা হয়। পরন্তু বেগ ও বলের গুণফলকে কার্য্যফল বলে। সুতরাং বলা যাইতে পারে, প্রযুক্ত বলদ্বয়ের কার্য্যফল সমান হইলে দণ্ডের সাম্যাবস্থা হয়।

এক্ষণে বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে প্রযুক্ত বলের বেগ যদি তাদৃশ অধিক হয় তাহা হইলে তদ্দ্বারা বৃহৎ ভার উত্তোলন করা যাইতে পারে। অতএব দৃষ্ট হইতেছে, অল্প বলের দ্বারা অধিক বলের কার্য্য সম্পাদন করিতে হইলে বেগের অপচয় হয় এবং বেগের অপচয় হইলে সুতরাং সময়েরও অপচয় হইয়া থাকে। ফলতঃ যন্ত্রাদির দ্বারা অল্প বল প্রয়োগ করিয়া অধিক বলের কার্য্য করিলে বেগ ও সময়ের ক্ষতি হইয়া থাকে। মনে কর, কোন অবলম্ব মধ্যক দণ্ড যন্ত্রে ভার সন্নিহিত ভুজ অপেক্ষা বল-সন্নিহিত ভুজটী দশগুণ বৃহৎ। এক্ষণে ভারের পরিমাণ যদি দশ সের হয় তাহা হইলে ১ সের মাত্র বল প্রয়োগ করিলেই দণ্ড যন্ত্রের সাম্যাবস্থা হইবে। এস্থলে অবলম্ব বিন্দুর প্রতিক্রিয়া দ্বারা ৯ সের এবং প্রযুক্ত বলদ্বারা অবশিষ্ট ১ সের মাত্র ধৃত হইবে। আর যদি ঐ দশ সের ভারকে এক ফুট উচ্চে তুলিতে হয় এবং ১ সেকেণ্ডে যদি তুমি ১ সেরের অধিক

বস্তু ১ ফুট ঊর্দ্ধে তুলিতে না পার, তাহা হইলে যন্ত্র সহকারে, তুমি ১ সেকেণ্ডে ১০ সের ভার ১ ফুট ঊর্দ্ধে তুলিতে পারিবে না। প্রত্যুত ১ সের পরিমিত বল প্রয়োগ করিয়া দশ সেরকে ১ ফুট ঊর্দ্ধে তুলিতে দশ সেকেণ্ড লাগিবে এবং দশ সের ভার যে সময়ে ১ ফুট উঠিবে তাহাতে ১ সের ভারটী ১০ ফুট নামিয়া পড়িবে। অত-এব স্পষ্ট প্রতীয়মান হইতেছে, বলের লাভ করিতে গেলে সময় এবং বেগের লোক্সান করিতে হয়। ফলতঃ যন্ত্রা-দিতে বলের উৎপত্তিও হয় না, বৃদ্ধিও হয় না; অল্প বল দ্বারা অধিক বলের কার্য্য করিতে হইলে বেগ ও সময়ের লোক্সান করিতে হয়।

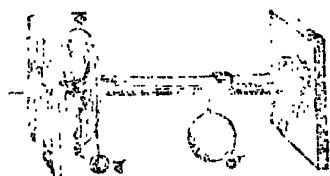
৬৭। তুলাদণ্ড। নিক্তি এক প্রকার সমভুজ অবলম্ব-মধ্যক দণ্ড যন্ত্র।

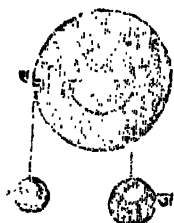
উৎকৃষ্ট নিক্তি নির্ম্মাণ করিতে হইলে কশ দণ্ড এরূপ করা আবশ্যক যে, গ ও চ ভার শূন্য অথবা সমান ভারসম্পন্ন হইলে উহা ঠিক সমতল ভাবে থাকিবে; এবং চ ও গ চিহ্ন ভারের অতি অল্প পরিমাণে ন্যূনাধিক্য হইলেও উহা অবনত ভার ধারণ করিবে; আর উভয় দিকের ভার যখন সমান থাকিবে তখন বিচলিত হইলেও পুনরায় অবি-লম্বে সাম্যভাব প্রাপ্ত হইবে।

তুলা দণ্ড সম্পূর্ণরূপে নির্দ্দোষ না হইলেও তদ্দ্বারা প্রকৃত পরিমাণ নির্ণয় করিতে পারা যায়। মনে কর যে দ্রব্যের ভার নির্ণয় করিতে হইবে তাহাকে এক পাল্লায় রাখিয়া অপর পাল্লায় প্রস্তর খণ্ডাদি দিয়া উভয় দিক সমান করা গেল। পরে ঐ দ্রব্যটী নামাইয়া তৎস্থানে বাটখারা চড়াইয়া পুনর্ব্বার দুই দিক সমান করা গেল। এক্ষণে বিবেচনা করিয়া দেখিলেই বোধ হইবে বাটখারা গুলির সমষ্টি দ্রব্যটীর ভার বিজ্ঞাপক।

পার্শ্ববর্ত্তী চিত্রে এক প্রকার বিষম ভুজ তুলা দণ্ডের অনুরূপ প্রদর্শিত হইল। মৎস্যাদি যাহা কিছু ওজন করিতে হইবে তাহাকে ক হইতে লম্বিত পাল্লায় রাখিতে হয় এবং ঘ ভারটীকে ক্রমশঃ সরাইয়া দণ্ডকে সমতল ভাবাপন্ন করিতে হয়।

স্পষ্টই লক্ষিত হইতেছে, ঘ বিন্দুতে ১ সের পরিমিত ভার রাখিলে যদি কখ দণ্ড সমতল ভার ধারণ করে তাহা হইলে প্রস্তাবিত বস্তুর ভার $\frac{ঘগ}{কগ}$ পরিমিত সের ভারী হইবে। সুবিধার জন্য দাড়ির গায়ে সের ছটাক ইত্যাদি সূচক দাগ অঙ্কিত থাকে।

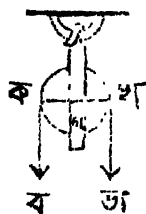
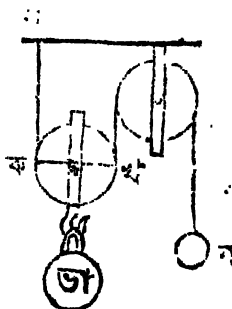
আমাদিগের দেশে প্রাচীন কাল হইতে যে তুল দাঁড়ি ব্যবহৃত হইয়া আসিতেছে তাহা এক প্রকার বিষম ভুজ সম্পন্ন অবলম্ব মধ্যক দণ্ড মাত্র।

৬৮। অক্ষ-চক্র যন্ত্র। নিম্নে একটী অক্ষ চক্র যন্ত্রের প্রতিকৃতি প্রদত্ত হইল।

কখ চক্রের পরিধিতে এক গাছি রজ্জু জড়াইয়া তাহার এক প্রান্তে ব পরিমিত বল প্রযুক্ত হইয়াছে এবং গঘ অক্ষে অপর এক গাছি রজ্জু বিপরীত ভাবে জড়াইয়া তাহার এক প্রান্ত হইতে ভা ভারটী লম্বিত করিয়া দেওয়া হইয়াছে।

অক্ষের ব্যাসার্দ্ধ অপেক্ষা চক্রের ব্যাসার্দ্ধ যত বৃহৎ হয় প্রস্তাবিত যন্ত্রের দ্বারা বলের লাভও তত অধিক হইয়া থাকে। যদি অক্ষের ব্যাসার্দ্ধের সহিত চক্রের ব্যাসার্দ্ধের যে অনুপাত, চক্র বদ্ধ রজ্জুর প্রান্তে প্রযুক্ত বলের সহিত অক্ষ বদ্ধ রজ্জু হইতে লম্বিত ভারেরও সেই অনুপাত হয়, তাহা হইলে যন্ত্রের সাম্যভাব হইয়া থাকে। বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে পার্শ্ববর্ত্তী চিত্রে অক্ষ ও চক্রের ব্যাসার্দ্ধ কচ ও কখ একটী অবলম্ব মধ্যক দণ্ড যন্ত্রের ভুজ স্বরূপ। সুতরাং ব × কখ = ভা × কচ

$$\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{\text{কখ}}{\text{কচ}} = \frac{\text{চক্রের ব্যাসার্দ্ধ}}{\text{অক্ষের ব্যাসার্দ্ধ}}$$

৬৯। কপিকল,-বদ্ধ কপি।

কোন কীলকের উপর ঘূর্ণায়মান চক্রের পরিধিস্থ

করিয়া সেই রজ্জুর এক প্রান্তে ভার ও অপর প্রান্তে বল প্রয়োগ করিলে কপি যন্ত্র উৎপন্ন হয়। একটী মাত্র বদ্ধ কপি দ্বারা বলের লাভ হয় না, কিন্তু প্রযুক্ত বলের অভিমুখ পরিবর্ত্তিত হইয়া থাকে। এই যন্ত্র সহকারে ভূমিতে দাঁড়াইয়া দ্রব্যাদিকে ঊর্দ্ধে উঠাইতে পারা যায়। অনেকেই দেখিয়া থাকিবেন, নৌকার পাল টাঙ্গাইবার সময়ে এই রূপ একটী কপি ব্যবহার করে, সেই কপিটী মাস্তুলের উপরি ভাগে বদ্ধ করিয়া রাখে। বিবেচনা করিয়া দেখিলেই বোধ হইবে প্রস্তাবিত যন্ত্রটী কগখ নামক একটী সমভুজ অবলম্ব মধ্যক দণ্ড যন্ত্রের স্বরূপ। অতএব ভা × কগ = ব × কগ হইলে যন্ত্রের সাম্যবস্থা হইবে। কিন্তু খগ = কগ, ∴ ভা = ব, না হইলে সাম্যবস্থা হয় না।

৭০। অবদ্ধ কপিযন্ত্র। পূর্ব্বোক্ত বদ্ধকপি যন্ত্রে বলের লাভ হয় না; পরন্তু অবদ্ধ কপি দ্বারা বলের লাভ করিতে পারা যায়। পার্শ্ববর্ত্তী চিত্রে অবদ্ধ কপির প্রতিকৃতি প্রকাশিত হইল। দৃষ্ট হইতেছে, বদ্ধ কপিযন্ত্রে যেরূপ রজ্জুর এক প্রান্তে ভার প্রযুক্ত হইয়া থাকে, অবদ্ধ কপিতে সেরূপ নহে; ইহাতে রজ্জুর এক

প্রান্ত দৃঢ় রূপে সম্বদ্ধ এবং বল প্রয়োগের সুবিধার কারণ অপর প্রান্ত একটী বদ্ধ কপির উপর দিয়া নীত হইয়া থাকে এবং প্রস্তাবিত অবদ্ধ কপির অক্ষ যে কাষ্ঠ বা ধাতু ফলকে সম্বদ্ধ তাহার প্রান্ত ভাগ হইতে ভার লম্বিত করিয়া দিয়া থাকে। বিবেচনা করিয়া দেখিলে বোধ হইবে এরূপ কপিযন্ত্র কার্য্যতঃ ভারমধ্যক দণ্ডযন্ত্র বই আর কিছুই নহে। ঘ উহার অবলম্ব এবং গ ও ক যথাক্রমে ভার ও বলের প্রয়োগ স্থল। সুতরাং

$$ভা \times গখ = ব \times কখ$$

$$কিন্তু\ কখ = ২\ গখ$$

$$\therefore \frac{ভা}{ব} = ২, ও\ ভা = ২\ ব$$

অর্থাৎ এরূপ যন্ত্র দ্বারা ১ সের পরিমিত বল প্রয়োগ করিয়া ২ সের পরিমিত ভার উত্তোলন করিতে পারা যায়, ইত্যাদি।

পরন্তু বলের লাভ করিতে গেলে বেগের লোকসান হয়। ভারটীকে যদি ১ ফুট ঊর্দ্ধে তুলিতে হয় তাহা হইলে রজ্জুর যে প্রান্তে বল প্রয়োগ করা যায় তাহাকে দুই ফুট নামান আবশ্যক।

৭১ কপিসংহতি। একাধিক অবদ্ধ কপি সমন্বিত কপি যন্ত্রকে কপিসংহতি বলে। কপিসংহতি অসংখ্য প্রকার হইতে পারে, পরন্তু তিনটী মাত্র সমধিক প্রচলিত। এই তিনটী কপিসংহতি যথাক্রমে প্রথম, দ্বিতীয় ও তৃতীয় কপিসংহতি বলিয়া উক্ত হইয়া থাকে।

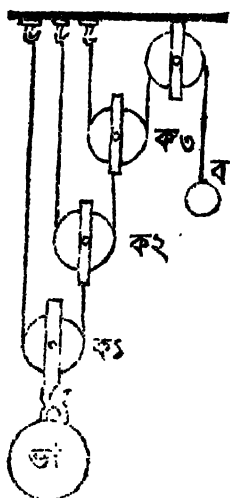
৭২ প্রথম কপিসংহতি। ইহার অবদ্ধ কপি সকল

স্বতন্ত্র স্বতন্ত্র রজ্জু দ্বারা লম্বিত এবং ঐ সকল রজ্জুর এক প্রান্ত আবদ্ধ এবং অপর প্রান্ত উপরিস্থ কপির ফলকে সংযুক্ত। প্রদত্তচিত্রে $ক_1$ $ক_2$ $ক_3$ তিনিটী অবদ্ধ কপি। $ক_1$ যে রজ্জুর দ্বারা লম্বিত তাহার এক প্রান্ত দৃঢ় রূপে আবদ্ধ এবং অপর প্রান্ত উপরিস্থ $ক_2$ কপির ফলকে সংযুক্ত; $ক_2$ কপির রজ্জুর এক প্রান্ত বদ্ধ এবং অপর প্রান্ত $ক_3$ কপির ফলকে সংযুক্ত; $ক_3$ কপির রজ্জুর এক প্রান্ত বদ্ধ কিন্তু বলপ্রয়োগের সুবিধার কারণ অপর

প্রান্ত একটী বদ্ধ কপির উপর দিয়া নীত হইয়াছে। মনে কর $ক_1$ $ক_2$ $ক_3$ কপির রজ্জু গুলির আকর্ষণ যেন $টা_1$, $টা_2$ $টা_3$ সুতরাং

$$২ টা_1 = ভা$$

$$২ টা_2 = টা_1$$

$$২ টা_3 = টা_2$$

অতএব ইহাদিগকে গুণ করিতে,

$$২ \times ২ \times ২ টা_3 = ভা$$

$$কিন্তু\ টা_3 = ব$$

$$\therefore ব = \frac{ভা}{২ \times ২ \times ২}$$

$$\therefore \frac{ভা}{ব} = \frac{২^৩}{১}$$

যদি চারিটী অবদ্ধ কপি থাকিত, তাহা হইলে

$\frac{ভা}{ব} = ২^৪$ হইত।

অবদ্ধ কপির সংখ্যা স হইলে,

$\frac{ভা}{ব} = ২^স$।

৭৩। দ্বিতীয় কপিসংহতি। ইহার কপি সকল একই অভিন্ন রজ্জুর দ্বারা পরিবেষ্টিত; ইহাতে দুইটী মাত্র ফলক থাকে এবং প্রত্যেক ফলকে দুই কিম্বা তদধিক চক্র সন্নিবেশিত থাকে। নিম্নস্থ ফলক অবদ্ধ এবং উপরিস্থ ফলক বদ্ধ। ভার ও বল কিপ্রকারে প্রযুক্ত হইয়া থাকে চিত্র দেখিলেই তাহা প্রতীয়মান হইবে।

খ ব ফ ভা

মনে কর নিম্নস্থ ফলকে রজ্জুর যত গুলি সমান্তরাল অংশ আছে, তাহাদের সংখ্যা যেন স, এই স সংখ্যক অংশ গুলির প্রত্যেকের আকর্ষণ ব বলের : সমান। সুতরাং সাম্যাবস্থায়

ভা = সব

$\therefore \frac{ভা}{ব}$ = স = নিম্ন ফলকস্থ সমান্তরাল রজ্জুর সংখ্যা
= ২ × নিম্ন ফলকস্থ অবদ্ধ কপির সংখ্যা।

৭৪। তৃতীয় কপিসংহতি। ইহার সকল রজ্জুগুলিই ভারের সহিত সংযুক্ত। পার্শ্বে ইহার প্রতিকৃতি প্রদত্ত হইল। মনে কর $ক_১$, $ক_২$, $ক_৩$, ... এর রজ্জু গুলির আকর্ষণ যেন $টা_১$, $টা_২$, $টা_৩$ .... ইত্যাদি। স্পষ্টই লক্ষিত হইতেছে।

$টা_১ = ব$

$টা_২ = ২টা_১ = ২ব$

$টা_৩ = ২টা_২ = ২^২ব$

...... = ...

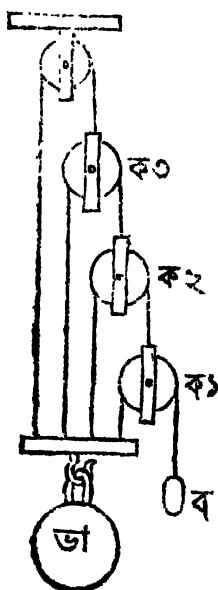
$টা_ন = ২টা_{ন-১} = ২^{ন-১}ব$

অতএব ;

$ভা = টা_১ + টা_২ + টা_৩ + ... + টা_ন$

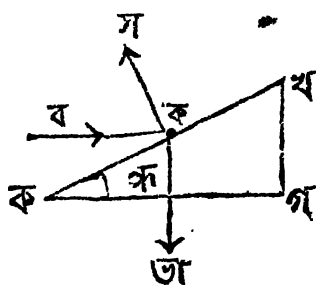
$= ব + ২ব + ২^২ব + ... + ২^{ন-১}ব$

$= ব(২^ন - ১)$

$\therefore \frac{ভা}{ব} = ২^ন - ১$

৭৫ ক্রম নিম্নধরাতল। গুরু ভার তুলিবার সময়ে কখন

কখন ক্রমনিম্ন ধরাতল যন্ত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে। পার্শ্বস্থ চিত্রে গখ একটী ক্রম নিম্ন ধরাতল। এতদ্দ্বারা চ প্রভৃতি বস্তু সকলকে যে অপেক্ষাকৃত অল্প আয়াসে কগ এর উপর ঠেলিয়া তুলিতে পারা যায়, ইহা বলা বাহুল্যমাত্র। কগ এর অপেক্ষা খগ এর দীর্ঘতা যত অধিক হয় খগ এর অভিমুখে দ্রব্যটীর ভার অপেক্ষা তত অল্প পরিমাণে বল প্রয়োগ করিয়া উহারে ঠেলিয়া তুলিতে পারা যায়। অর্থাৎ ভা : ব :: খগ : কগ।

$$\therefore \frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{\text{খগ}}{\text{কগ}} = \frac{\text{ধরাতলের দৈর্ঘ্য}}{\text{ধরাতলের উন্নতি}} \text{।}$$

৭৬। মনে কর, কখগ সমভূমির সহিত কখ নামক কোন ক্রমনিম্ন ধরাতলের সম্পাতে যে কোণ উৎপন্ন হইয়াছে তাহার পরিমাণ ক্ষ। কখ এর উপর ভা-পরিমিত ভারসম্পন্ন একটী বস্তু অবস্থিত রহিয়াছে। এবং ব পরিমিত একটী বল দ্বারা ঐ বস্তুটী কব এর অভিমুখে আকৃষ্ট হইতেছে। বিবেচনা কর, খ ক ব কোণ যেন শা এর সমান। আরও অনুভব কর কখ ধরাতল ক বস্তুটীকে যে বলে ধারণ করিতেছে তাহার পরিমাণ যেন স।

এক্ষণে দেখ, ক বস্তুটীর উপর ব, স, ও ভা এই তিনটী বলের কার্য্য হইতেছে। ইহাদিগকে কখ ও কখ এর সহিত লম্ব ভাবে অবস্থিত রেখাক্রমে বিশ্লিষ্ট করা যায় তাহা হইলে সাম্যাবস্থায়,

$$\text{ব কোশিন শা} - \text{ভা শিন ক} = ০ \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (১)$$

$$\text{ব শিন শা} - \text{ভা কোশিন ক} + \text{স} = ০ \quad \ldots\ldots\ldots (২)$$

(১) হইতে দৃষ্ট হইতেছে যে যন্ত্রের কার্য্যকারিতা

$$\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{\text{কোশিন শা}}{\text{শিন ক}}।$$

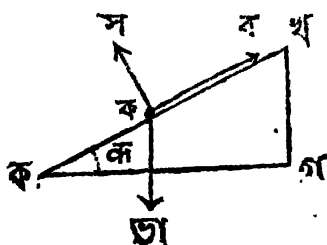
(২) হইতে ধরাতলের উপর প্রস্তাবিত বস্তুর চাপ অর্থাৎ স এর পরিমাণ নিরূপণ করিতে পারা যায়। যথা ;—

$$\text{স} = \text{ভা কোশিন ক} - \text{ব শিন শা}$$

$$= \text{ভা কোশিন ক} - \text{ভা}\frac{\text{শিন ক. শিন শা}}{\text{কোশিন শা}}$$

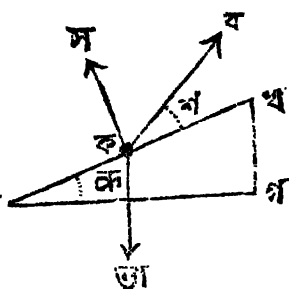
$$= \text{ভা}\frac{\text{কোশিন (ক + শা)}}{\text{কোশিন শা}};$$

আরও প্রতীয়মান হইতেছে যে ব বলদ্বারা যদি বস্তুটী কগএর অভিমুখে আকৃষ্ট হয় তাহা হইলে শা = ০ এবং

$$\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{১}{\text{শিন ক}}$$

$$= \frac{\text{কখ}}{\text{খগ}} = \frac{\text{ধরাতলের দৈর্ঘ্য}}{\text{ধরাতলের উন্নতি}}।$$

আবার ব যদি সমতল ভাবে কার্য্যকারী হয়, তাহা হইলে শ = — ক্ষ এবং

$\frac{\text{ভা}}{\text{ব}}$ = কোণাশি ক = $\frac{\text{কগ}}{\text{খগ}}$

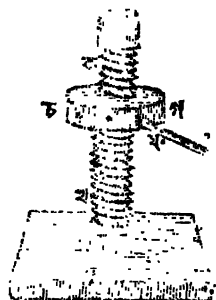
= $\frac{\text{ধরাতলের ভূমি}}{\text{ধরাতলের উন্নতি}}$।

৭৭। কাজলা বা ছেনি। যদি ক্রমনিম্ন ধরাতলের উপর দিয়া দ্রব্যটীকে ঠেলিয়া না তুলিয়া ধরাতলকে সেই দ্রব্যের নীচে দিয়া চালিত করা যায়, তাহা হইলেও দ্রব্যটী যে উন্নত হইয়া উঠিবে, ইহা বলিবার অপেক্ষা কি। পরন্তু ক্রম নিম্ন ধরাতল এই রূপে প্রযুক্ত হইলে তাহাকে 'কাজলা' বা 'ছেনি' বলা যায়। কাজলা ও ছেনি একই যন্ত্রের ভিন্ন ভিন্ন উপাধি মাত্র, কাষ্ঠ নির্ম্মিত হইলে কাজলা ও ধাতু নির্ম্মিত হইলে ছেনি বলা যায়, নতুবা কাজলা ও ছেনিতে অন্য কোন প্রভেদ নাই। পার্শ্বে যে প্রতিকৃতি প্রদত্ত হইল, তদ্দৃষ্টে প্রতীতি হইবে যে, দুইটী ক্রম নিম্ন ধরাতলের তল ভাগের পরস্পর সংযোগে কাজলাটী উৎপন্ন হইয়াছে। বাস্তবিকও সচরাচর যে সকল কাজলা ব্যবহৃত হইয়া থাকে, তাহাদিগের আকৃতি এই রূপ।

সঙ্কীর্ণ দেশে সমধিক বল প্রয়োগের আবশ্যকতা হইলে

সচরাচর কাজলা ব্যবহার করিয়া থাকে। কাষ্ঠ চিরিতে এবং প্রস্তর বিদীর্ণ করিতে কাজলা ব্যবহার করিয়া থাকে। কঠিন ধাতু সকলকে কাটিতে হইলে ছেনির উপর আঘাত করিয়া কাটে। ফলতঃ ছুরি, কাঁচি কাটারি, কুঠার, ছুঁচ, প্রেক, পিন প্রভৃতি কাটিবার ও বিঁধিবার যত উপায় আছে, তৎসমুদায় এই যন্ত্রের রূপান্তর মাত্র।

ক্রমনিম্ন ধরাতল স্থলে উক্ত হইয়াছে, যে $\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{\text{ধরাতলের দৈর্ঘ্য}}{\text{ধরাতলের উন্নতি}}$, হইলে সাম্যাবস্থা হয়। সুতরাং স্বীকার করিতে হইবে, যে কগ এর সহিত কঘ এর যে অনুপাত, ভারের সহিত বলেরও যদি সেই অনুপাত হয়, তাহা হইলে কখগ কাজলারও সাম্যাবস্থা হইবে।

অর্থাৎ $\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{\text{কগ}}{\text{কঘ, বা ২ কখ}} = \frac{\text{কাজলার বাহু}}{\text{২ কাজলার পৃষ্ঠ}}$।

৭৮। স্ক্রু যন্ত্র। সরল সিঁড়ির সহিত গোল সিঁড়ির যে রূপ প্রভেদ, ক্রমনিম্ন ধরাতলের সহিত স্ক্রু যন্ত্রেরও ঠিক সেই রূপ প্রভেদ। কোন স্তম্ভাকার দ্রব্যের গায়ে যদি একটী ক্রমনিম্ন ধরাতল জড়ান যায়, তাহা হইলে স্ক্রু যন্ত্র উৎপন্ন হয়। এক খণ্ড কাগজকে সমকোণী ত্রিভু

জের সদৃশ করিয়া কাটিয়া তাহার লম্বের দিক একটী পেন্সিলের গায়ে লাগাইয়া কর্ণের দিক সেই পেন্সিলের গায়ে জড়াইয়া দেখিলেই ইহা অনুভূত হইতে পারে। কাগজ খানিকে পেন্সিলের গায়ে জড়াইলে উহার কর্ণটী স্ক্রু যন্ত্রের সূত্রাকার ধারণ করিবে।

কার্য্যকালে প্রায়ই দুইটী স্ক্রু একত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে। তন্মধ্যে একটী অপরটীর ঠিক বিপরীত, একটীর সূত্র সকল উপরিভাগে কাটা, অপরটি শূন্যগর্ভ এবং তাহার সূত্র সকল ভিতরের দিকে অবস্থিত। শূন্যগর্ভ স্ক্রুকে আবরণ স্ক্রু বলা যায়। আবরণ স্ক্রুর যে স্থান নত, প্রকৃত স্ক্রুর সেই স্থান উন্নত। কোথাও আবরণ স্ক্রু স্থির থাকে এবং প্রকৃত স্ক্রুটী তাহার অভ্যন্তর দিয়া চালিত হয়, আবার কোথাও বা প্রকৃত স্ক্রু ঘূরে না, আবরণের ঘূর্ণন বশতঃ উহার উন্নতি ও অবনতি হয়।

সচরাচর দণ্ড যন্ত্র সহকারে স্ক্রু যন্ত্র ঘূর্ণিত হইয়া থাকে। প্রদত্ত চিত্রে কখ প্রকৃত স্ক্রু গচ আবরণ ঘছ ঘুরাইবার দণ্ড।

স্ক্রু যন্ত্রের সূত্র সকলের পরস্পরের সহিত অন্তর, অ, যত অল্প হয় আর দণ্ডের ঘূর্ণনে যে পরিধি, প, উৎপন্ন হয় তাহার পরিমাণ যত অধিক হয়, উহা দ্বারা বলের লাভও তত অধিক হইয়া থাকে। স্ক্রু যন্ত্রে প্রতিবন্ধক বা ভার ভা উহার সূত্রদিগের ক্রম নিম্নাভিমুখে কার্য্য-কারী এবং ব-বলের অভিমুখে উহার ভূমির সহিত সমান্তরাল সুতরাং স্বীকার করিতে হইবে যে, যে ক্রমনিম্ন

ধরাতল যন্ত্রে বলের অভিমুখ ভূমির সহিত সমান্তরাল, স্ক্রু যন্ত্র কার্য্যতঃ তাহারই সদৃশ। অতএব সাম্যাবস্থায়

$$\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{\text{ধরাতলের ভূমি}}{\text{ধরাতলের উন্নতি}}$$

$$= \frac{\text{দণ্ডের ঘূর্ণন জনিত বৃত্তের পরিধি, প}}{\text{সন্নিহিত সূত্রদ্বয়ের অন্তর, অ}}$$

গতিবিজ্ঞান।

৬ষ্ঠ পরিচ্ছেদ।

বেগ।

পূর্ব্বেই উল্লিখিত হইয়াছে, 'যদ্দ্বারা জড়বস্তুর গতি উৎপাদিত হয় বা হইতে পারে তাহার নাম বল'। আরও বলা গিয়াছে যে, 'যে সকল বলদ্বারা গতি উৎপাদিত হইতে পারে, কিন্তু হয় না, তাহারা স্থিতিশাস্ত্রের, আর যে সকল বল দ্বারা বাস্তবিক গতি উৎপাদিত হয় তাহারা গতি শাস্ত্রের বিষয়'। স্থিতিশাস্ত্র সংক্রান্ত স্থূল স্থূল তত্ত্ব গুলি সঙ্ক্ষেপে বর্ণিত হইয়াছে, সম্প্রতি গতিশাস্ত্র সম্বন্ধীয় কয়েকটী বিষয়ের বিবরণ লিখিত হইতেছে।

৭৯। ঋজুগতি ও বক্রগতি। কোন জড় বস্তুর গতি নিরূপণ করিতে হইলে, ঐ বস্তু কিরূপ পথে ও কিরূপ বেগে গমন করিতেছে, তাহা বিবেচনা করা আবশ্যক। যদি কোন সচল বস্তু অবিরত ঋজু রেখা ক্রমে এক দিকে

ধাবমান হয়, তাহা হইলে তাহার গতিকে ঋজুরৈখিক বা সংক্ষেপে ঋজু গতি বলা যায়। আর যদি নিয়তই দিক্ পরিবর্ত্তিত হইতে থাকে তাহা হইলে তাহার গতিকে বক্র রৈখিক বা সংক্ষেপে বক্রগতি কহে। অতএব পথভেদে গতি দুই প্রকার;—ঋজু ও বক্র।

৮০ বেগ। গতির হারকে বেগ বলে। যে বস্তু ১ এক ঘণ্টায় ১ এক মাইল পথ চলিতে পারে তাহার বেগ ঘণ্টায় ১ এক মাইল বলা যায়। যে বস্তু এক ঘণ্টায় ৫ পাঁচ মাইল চলে তাহার বেগ প্রতি ঘণ্টায় পাঁচ মাইল এবং যে বস্তু ৫ পাঁচ ঘণ্টায় ৫০ মাইল পথ গমন করিতে পারে তাহার বেগ ঘণ্টায় ১০ মাইল বলিতে হয়, ইত্যাদি।

৮১। সম ও বিষম বেগ। সম ও বিষম ভেদে বেগ দ্বিবিধ। যদি কোন জড় বিন্দু সমান সমান কালে সমান সমান দূর গমন করে তাহা হইলে তাহার বেগকে সমবেগ বলা যায়; ইহার অন্যথা হইলে তাহার বেগকে বিষম বেগ বলে।

সমবেগের পরিমাণ করিতে হইলে কোন জড় বিন্দু কত সময়ে কত দূর যায়, তাহা জানা আবশ্যক। শাস্ত্রকারেরা এক সেকেণ্ডকে কালের একক এবং এক ফুটকে দূরত্বের একক ধরিয়া বেগ নিরূপণ করেন। যদি কোন বিন্দু ১ সেকেণ্ডে ১ ফুট গমন করে তাহা হইলে তাহার বেগের সংখ্যা ১ বলিয়া অবধারিত হয়। যে বিন্দু ১ সেকেণ্ডে ২ ফুট গমন করে তাহার বেগের সংখ্যা ২; যে বিন্দু ৪ সেকেণ্ডে ১৬ ফুট গমন করে তাহার বেগের সংখ্যা

৪; আর, যে বিন্দু ১ মিনিটে ২০০ গজ যায়, তাহার বেগের পরিমাণ $\frac{২০০ \times ৩}{১ \times ৬০}$ = ১০, যে বিন্দু ১৫ ঘণ্টায় ৪৪০ মাইল যায় তাহার বেগের = $\frac{৪৪০ \times ১৭৬০ \times ৩}{১৫ \times ৬০ \times ৬০}$ = ২০; ইত্যাদি।

ফলতঃ যে বেগবশতঃ কোন জড়বিন্দু একক পরিমিত কালে একক পরিমিত দূরে গমন করে, তাহাকেই একক স্বরূপ ধরিয়া সচরাচর বেগের পরিমাণ প্রকাশ করা যায়। যদি বলা যায় যে কোন জড় বিন্দুর বেগ ১, ২, ৪, ১০ কি ২০, তাহা হইলে এই রূপ বুঝিতে হইবে যে সেই জড় বিন্দুটী ১ সেকেণ্ডে ১, ২, ৪, ১০ কি ২০ ফুট গমন করে। সাধারণতঃ যখন বলা যায় যে কোন জড় বিন্দুর বেগের পরিমাণ বে, তখন তাহার তাৎপর্য্য এই যে সেই জড় বিন্দুটী একক পরিমিত কালে বে পরিমিত দূরত্বের একক গমন করে। অতএব যে বিন্দুর বেগ বে, কা-পরিমিত কালিক এককে তাহা বে × কা পরিমিত দূরে গমন করিবে; অতএব কা কালে যত দূর যায় তাহার পরিমাণ যদি দূ হয় তাহা হইলে দূ=বে কা।

এক্ষণে দেখা যাইতেছে যে দূরত্ব, কাল ও বেগ এই তিনের মধ্যে দুইটী জানা থাকিলে দূ = বেকা হইতে অপর অব্যক্তটীও অনায়াসে জানা যাইতে পারে।

সমবেগের পরিমাণ কিরূপ নিরূপিত হয় তাহা প্রদর্শিত হইল; এক্ষণে বিষম বেগের পরিমাণ করিতে হইলে যাহা কর্ত্তব্য তাহা কথিত হইতেছে। সমগতি

সম্পন্ন বস্তুসকল প্রতি কালিক এককেই সমান সমান দূর গমন করে ; কিন্তু বিষম গতিবিশিষ্ট বস্তুদিগের গমন সম্বন্ধে সেরূপ কোন নিয়ম নাই। এই নিমিত্ত সমগতি স্থলে দূরত্বের সংখ্যাকে কালের সংখ্যা দিয়া ভাগ করিলেই যেরূপ বেগের সংখ্যা প্রাপ্ত হওয়া যায়, বিষম গতি স্থলে সেরূপ নহে। নিয়ত পরিবর্ত্তনীয় গতিবিশিষ্ট কোন বস্তু কোন নির্দ্দিষ্ট ক্ষণে যে ভাবে গমন করে, অবিকল সেই ভাবে অবিশ্রান্ত চলিলে ঐ বস্তু প্রতি কালিক এককে যত দূর গমন করিতে পারে তাহাই তাহার সেই নির্দ্দিষ্ট ক্ষণের বেগ পরিমাণ। বাস্তবিকও যে বিষম বেগ এই রূপে পরিমিত হয়, ইহা একটা উদাহরণ দ্বারা প্রতিপন্ন করা যাইতেছে। মনে কর, কোন চলিষ্ণু বাষ্পীয় শকটস্থিত কোন ব্যক্তি যদি বলেন যে এক্ষণে গাড়ি, ঘণ্টায় ৩০ মাইল বেগে চলিতেছে, তাহা হইলে সেই ক্ষণে গাড়ি যেরূপ বেগে চলিতেছে ঠিক সেই বেগে গমন করিলে এক ঘণ্টায় ঐ গাড়ি ৩০ মাইল পথ যাইতে পারে, এই মাত্র বলাই তাঁহার অভিপ্রেত, তাহার সন্দেহ নাই। অতএব দৃষ্ট হইতেছে, সমগতি স্থলে কোন জড়বিন্দু প্রতি কালিক এককে যতদূর গমন করে তাহাই তাহার বেগের পরিমাণ ; এবং বিষম গতিস্থলে কোন বস্তু কোন নির্দ্দিষ্ট ক্ষণে যে বেগে গমন করে ঠিক সেই বেগে চলিলে ঐ বস্তু প্রতি কালিক এককে যত দূর গমন করিতে পারে তাহাই তাহার সেই নির্দ্দিষ্ট ক্ষণের বেগের পরিমাণ।

৮২। বর্দ্ধমান বেগ,—সম ও বিষম বর্দ্ধমান বেগ।

যদি কোন সচল জড়বিন্দুর বেগ নিয়তই বর্দ্ধিত হইতে থাকে, তাহা হইলে তাহার বেগকে বর্দ্ধমান বেগ বলা যায়। যদি কোন বর্দ্ধমান বেগ সম্পন্ন জড় বিন্দুর বেগ সমান সমান কালে সমান সমান পরিমাণে বৃদ্ধি পায় তাহা হইলে তাহার বেগকে সমবর্দ্ধমান বেগ বলে; ইহার অন্যথা হইলে তাহার বেগকে বিষম বর্দ্ধমান বেগ বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়। সমবর্দ্ধমান বেগ স্থলে একক পরিমিত কালে যে বেগ বৃদ্ধি হয় তাহাই বেগ বৃদ্ধির মান, আর বিষম বর্দ্ধমান বেগ স্থলে কোন নির্দ্দিষ্ট ক্ষণে যে বেগাগম হয় অবিরত একটী একক পরিমিত কাল ব্যাপিয়া সেই রূপ বেগাগম হইলে যে পরিমাণ বেগ বৃদ্ধি হইতে পারে তাহাই সেই নির্দ্দিষ্ট ক্ষণের বেগ বৃদ্ধির মান। যে বেগ বৃদ্ধি বশতঃ একক পরিমিত কালে একক পরিমিত বেগাগম হয় তাহাকে একক স্বরূপ কল্পনা করিয়া বেগ বৃদ্ধির পরিমাণ প্রকাশ করা যায়। যদি বলা যায় যে কোন সমবর্দ্ধমান বেগ সম্পন্ন জড় বিন্দুর বেগ বৃদ্ধির মান ৩২.২ তাহা হইলে তাহার তাৎপর্য্য এই যে, সেই দ্রব্যটী এক সেকেণ্ডে ৩২.২, দুই সেকেণ্ডে ২×৩২.২, তিন সেকেণ্ডে ৩×৩২.২, পরিমিত বেগ লাভ করে, ইত্যাদি। সাধারণতঃ, মা যদি বেগ বৃদ্ধির মান হয়, অর্থাৎ প্রতিকালিক এককে যদি মা পরিমিত বেগাগম হয়, তাহা হইলে কা পরিমিত কালিক এককে মা × কা, বেগের সঞ্চার হইবে, সুতরাং কা কালে যে বেগের সঞ্চার হয় তাহার পরিমাণ যদি বে হয় তাহা হইলে বে = মাকা।

৮৩। পতনশীল বস্তু। পতনশীল বস্তুর বেগ, সমবর্দ্ধমান বেগের এক উৎকৃষ্ট উদাহরণ স্থল। যখন কোন নিরাশ্রিত বস্তু উচ্চ হইতে ভূতলে পতিত হয়, তখন তাহার বেগ ক্রমাগত সমভাবে বৃদ্ধি পায়। কোন পতনশীল বস্তু এক সেকেণ্ডের অন্তে যে বেগ প্রাপ্ত হয়, দুই সেকেণ্ডের অন্তে তাহার দ্বিগুণ, তিন সেকেণ্ডের অন্তে তাহার তিন গুণ বেগ লাভ করে, ইত্যাদি। ফলতঃ যে বস্তু অপ্রতিহত ভাবে ভূতলে পতিত হয়, কালের বৃদ্ধি অনুসারে তাহার বেগের বৃদ্ধি হইয়া থাকে। এই নিমিত্ত প্রথম সেকেণ্ডের অন্তে যে বেগ উৎপন্ন হয় তাহাকে কালের সংখ্যা দিয়া গুণ করিলে ঐ কালের অন্তে যে বেগ জন্মে তাহা জানা যায়।

পরীক্ষা দ্বারা জানা গিয়াছে যে, পতনশীল দ্রব্যে প্রথম সেকেণ্ডে ৩২.২ পরিমিত বেগের সঞ্চার হয়। এই নিমিত্ত, ২, ৩, ৪, ৫. ১০ ইত্যাদি সেকেণ্ডে পতনশীল বস্তু কত বেগ প্রাপ্ত হয় তাহা অবধারণ করিতে হইলে ৩২.২ কে ২, ৩, ৪, ৫ ইত্যাদি দিয়া গুণ করিতে হয়।

১ম প্রশ্ন। পতনশীল দ্রব্যে ৪ সেকেণ্ডের অন্তে কত বেগের সঞ্চার হয়?

উত্তর। ৩২.২ × ৪ = ১২.৮৮, অর্থাৎ পতনশীল দ্রব্য ৪ সেকেণ্ডের অন্তে যে বেগ প্রাপ্ত হয় সেই বেগে সমভাবে চলিলে প্রতি সেকেণ্ডে ১২৮.৮ ফুট করিয়া যাইতে পারে।

২য় প্রশ্ন। ১ মিনিটে পতনশীল দ্রব্য কত বেগ প্রাপ্ত হয়?

উত্তর। পতনশীল বস্তু ১ সেকেণ্ডে ৩২.২ পরিমিত বেগ প্রাপ্ত হয়, সুতরাং ১ মিনিট বা ৬০ সেকেণ্ডে ৩২.২ × ৬০ = ১৯৩২ পরিমিত বেগ প্রাপ্ত হইবে। অর্থাৎ ১ মিনিটে পতনশীল দ্রব্য যে বেগ প্রাপ্ত হয় তাহার প্রভাবে উহারা প্রতি সেকেণ্ডে ১৯৩২ ফুট করিয়া যাইতে পারে।

পতনশীল বস্তুর বেগ যেরূপ কালের বৃদ্ধি অনুসারে বৃদ্ধি পায়, দূরত্ব সেরূপ নহে। কোন বস্তু এক সেকেণ্ডে যত দূরে পড়ে, দুই সেকেণ্ডে তাহার দ্বিগুণ, তিন সেকেণ্ডে তাহার তিন গুণ দূরে পতিত হয়, এমন নহে। প্রত্যুত কোন বস্তু এক সেকেণ্ডে যত দূর পড়ে, দুই সেকেণ্ডে তাহার চতুর্গুণ, তিন সেকেণ্ডে তাহার নয় গুণ, দূরে পতিত হইয়া থাকে, ইত্যাদি। অর্থাৎ কালের বর্গানুসারে দূরত্বের বৃদ্ধি হয়।

পরীক্ষা দ্বারা নিরূপিত হইয়াছে, পতনশীল বস্তু সকল প্রথম সেকেণ্ডে ১৬.১ ফুট পড়ে। এই নিমিত্ত কোন বস্তু ২, ৩, ৪, ৫,......ইত্যাদি সেকেণ্ডে কত দূর পড়ে তাহা অবধারণ করিতে হইলে ১৬.১ কে, ২, ৩, ৪, ৫,............ ইত্যাদির বর্গ দিয়া গুণ করিতে হয়।

১ম প্রশ্ন। পতনশীল দ্রব্য ৩ সেকেণ্ডে কত দূর পড়ে?

উত্তর। ১৬.১ × ৩^{২} = ১৬.১ × ৯ = ১৪৪.৯ = প্রায় ১৪৫ ফুট।

২য় প্রশ্ন। যদি কোন অট্টালিকার উপর হইতে একটী লোষ্ট্র নিক্ষেপ করিলে সেই লোষ্ট্রটী ২½ সেকেণ্ডে ভূমিতে আসিয়া পতিত হয় তাহা হইলে অট্টালিকার উচ্চতা

কত হইবে ? পতনশীল দ্রব্য ২২ সেকেণ্ডে ১৬.১ × $(২\frac{১}{২})^২$

$=১৬.১ \times \frac{২৫}{৪} = \frac{৪০২.৫}{৪} = ১০০.৬২৫$ ফুট উচ্চ হইতে

পতিত হয়। ∴ অট্টালিকার উচ্চতা = ১০০.৬২৫ ফুট।

৩য়। যদি কোন কূপের মধ্যে একটী লোষ্ট্র নিক্ষেপ করিলে সেই লোষ্ট্রটী ২ সেকেণ্ডে তাহার জল স্পর্শ করে, তাহা হইলে সেই কূপের গভীরতা কত হইবে ?

উত্তর। $১৬.১ \times ২^২ = ৬৪.৪$ ফুট।

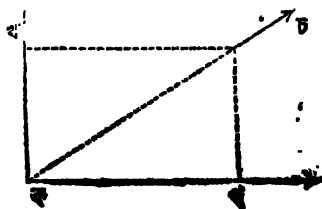
৮৪। হ্রসমান বেগ। যেরূপ কোন সচল বস্তুর বেগ ক্রমাগত বর্দ্ধিত হইলে বর্দ্ধমান বেগ বলিয়া উল্লিখিত হয়, সেই রূপ আবার ক্রমাগত হ্রস্ব হইলে হ্রসমান-বেগ বলিয়া উক্ত হইয়া থাকে। যেরূপ পতনশীল দ্রব্যের বেগ ক্রমাগত সমভাবে বৃদ্ধি পায়, তদ্রূপ উর্দ্ধে উৎক্ষিপ্ত হইলে দ্রব্যাদির বেগ ক্রমাগত সমভাবে হ্রাস হইয়া আইসে। এই নিমিত্ত উৎপতনশীল বস্তুর বেগকে সম হ্রসমান বেগ বলে।

কোন বস্তু উর্দ্ধে উৎক্ষিপ্ত হইলে মাধ্যাকর্ষণের প্রতি-কূলতা প্রযুক্ত তাহার বেগ প্রতি সেকেণ্ডে ৩২.২ ফুট করিয়া হ্রাস হইতে থাকে। ইহাতে ক্রমশঃ সমুদায় বেগ নষ্ট হইয়া যায় সুতরাং বস্তুটী আর উর্দ্ধে উঠিতে না পারিয়া নিম্নদিকে পতিত হইতে আরম্ভ করে। যদি কোন দ্রব্য এরূপ বেগে উৎক্ষিপ্ত হয় যে (মাধ্যাকর্ষণের প্রতিবন্ধক না থাকিলে) উহা প্রতি সেকেণ্ডে ১৬১ ফুট উঠিতে পারে; তাহা হইলে প্রথম সেকেণ্ডের অন্তেই

উহার বেগ ১৬১ — ৩২.২ = ১২৮.৮ এবং পঞ্চম সেকেণ্ডের শেষে ১৬১ -- ৫×৩২.২ = ০ হইবে। এই নিমিত্ত ঐ বস্তু ৫ সেকেণ্ডের পর আর ঊর্দ্ধে উঠিতে না পারিয়া পুনরায় পতিত হইবে। এস্থলে দৃষ্ট হইতেছে পতনশীল বস্তুর বেগ যেরূপ প্রতি সেকেণ্ডে ৩২.২ পরিমাণে বর্দ্ধিত হয়; উৎপতনশীল বস্তুর বেগ সেইরূপ প্রতি সেকেণ্ডে ৩২.২ পরিমাণে ক্ষয় হইয়া থাকে।

৮৫। বেগ সমান্তরালক্ষেত্র। "যদি কোন বিন্দু একেবারে দুইটী ভিন্ন ভিন্ন দিকে দুইটী সমবেগ প্রাপ্ত হয় এবং ঐ বিন্দু হইতে দুইটী ঋজু রেখা টানিয়া তাহাদিগের দিক্ ও পরিমাণ প্রকাশ করা যায় তাহা হইলে ঐ দুই রেখার উপর একটী সমান্তরাল ক্ষেত্র অঙ্কিত করিলে সেই সমান্তরাল ক্ষেত্রের যে কর্ণটীর এক প্রান্ত ঐ বিন্দুতে সংলগ্ন তদ্দারা উহাদিগের সঙ্ঘাত বেগের দিক ও পরিমাণ প্রকাশিত হইবে"। এই নিয়মটীকে বেগ বিষয়ক সমান্তরাল ক্ষেত্রঘটিত নিয়ম বলে।

যদি ক-নামক কোন বিন্দু একেবারে কখ ও কগ অভিমুখে এরূপ দুইটী বেগ প্রাপ্ত হয় যে তাহার একের প্রভাবে কোন নির্দ্দিষ্ট কালে

ক হইতে খ-বিন্দুতে ও অপরটীর প্রভাবে সেই সময়ের মধ্যে ক হইতে গ-বিন্দুতে পৌঁছছিতে পারে, তাহা হইলে ঐ

বিন্দুটী এতদুভয়ের কোন দিকে গমন না করিয়া কচ কর্ণ রেখা ক্রমে গমন করিবে এবং ঐ নির্দ্দিষ্ট কালের অন্তে চ-বিন্দুতে যাইয়া উপনীত হইবে। অর্থাৎ কখ ও কগ রেখাদ্বয় যদি প্রদত্ত বেগদ্বয়ের দিক ও পরিমাণ প্রকাশ হয়, তাহা হইলে কচ কর্ণরেখাদিগের সঙ্ঘাত বেগের দিক ও পরিমাণ প্রকাশ হইবে।

৮৬। বেগ বৃদ্ধি বিষয়ক সমান্তরালক্ষেত্র। যদি কোন বিন্দু একেবারে দুইটী ভিন্ন ভিন্ন দিক হইতে দুইটী ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ সমবর্দ্ধমান বেগ প্রাপ্ত হয়, আর যদি ঐ বিন্দু হইতে দুইটী ঋজুরেখা টানিয়া তাহাদিগের বেগবৃদ্ধির দিক ও পরিমাণ প্রকাশ করা যায় তাহা হইলে সেই সমান্তরাল ক্ষেত্রের যে কর্ণটীর এক প্রান্ত ঐ বিন্দুতে সংলগ্ন তদ্দারা উহাদিগের সঙ্ঘাত সমবর্দ্ধমান বেগের বেগ-বৃদ্ধির দিক ও পরিমাণ প্রকাশিত হইবে।

৯৩। বল সমান্তরাল ক্ষেত্র স্থানে উক্ত হইয়াছে যে ক নামক, কোন জড়বিন্দু যদি কখ ও কগ পরিমিত দুইটী বলদ্বারা একেবারে কখ ও কগ এর অভিমুখে আকৃষ্ট হয় তাহা হইলে উহাদের সঙ্ঘাত বলের দিক্ ও পরিমাণ কচ কর্ণরেখার দ্বারা সূচিত হইবে, অর্থাৎ কখ ও কগ বলদ্বয় কার্য্যতঃ কচ বলের সমান। বেগ সমান্তরাল ক্ষেত্র স্থলে দৃষ্ট হইতেছে যে, ক নামক কোন জড়বিন্দু যদি একেবারে কখ ও কগ এর অভিমুখে দুইটী বেগ প্রাপ্ত এবং এই দুয়ের একের প্রভাবে যদি কোন নির্দ্দিষ্ট কালে ক হইতে খ বিন্দু পর্য্যন্ত যাইতে পারে এবং অপরটীর

প্রভাবে সেই সময়ের মধ্যে ক হইতে গ বিন্দু পর্য্যন্ত যাইতে পারে তাহা হইলে ক বিন্দুটী কচ রেখা ক্রমে গমন করিবে এবং সেই সময়ের মধ্যে চ বিন্দুতে যাইয়া উপনীত হইবে। বেগবৃদ্ধি সমান্তরাল স্থলে প্রতীয়মান হইতেছে যে ক-নামক কোন বিন্দু যদি একেবারে এরূপ দুইটী সমবর্দ্ধমান বেগ প্রাপ্ত হয় যে, কখ ও কগ এর অভিমুখে কখ ও কগ পরিমিত বেগাগম হইতে পারে তাহা হইলে কার্য্যতঃ কখ এর অভিমুখে কচ পরিমাণে বেগের আধিক্য হইবে।

যদি খকগ কোণ একটী সম কোণ হয়, আর যদি খক ও কগ এর পরিমাণ ক্রমান্বয়ে ৩ ও ৪ এর সমান হয়, তাহা হইলে কচ এর পরিমাণ ৫ এর সমান হইবে। সুতরাং বল সমান্তরাল ক্ষেত্র স্থলে এইরূপ বুঝিতে হইবে যে ক বিন্দুতে প্রযুক্ত কখ ও কগ এর অভিমুখে কার্য্যকারী ৩ সের ও ৪ সের পরিমিত দুইটী বল কার্য্যতঃ কচ এর অভিমুখে কার্য্যকারী ৫ সের পরিমিত একটী বলের সমান। আর বেগ সমান্তরাল ক্ষেত্র স্থলে এইরূপ বুঝিতে হইবে যে, ক বিন্দুতে যদি এক কালে এরূপ দুইটী বেগ প্রযুক্ত হয় যে তাহাদের একের প্রভাবে ঐ বিন্দুটী কোন নির্দ্দিষ্ট কালে কখ এর অভিমুখে ৩ ফুট এবং অপরটীর প্রভাবে সেই সময়ের মধ্যে কগ এর অভিমুখে ৪ ফুট যাইতে পারে তাহা হইলে ঐ বিন্দুটী উক্ত সময়ে কচ এর অভিমুখে ৫ ফুট যাইবে। আবার বেগ বৃদ্ধি সমান্তরাল ক্ষেত্র স্থলে এইরূপ বুঝিতে হইবে যে ক বিন্দুটী যদি কখ ও কগ এর অভিমুখে এরূপ

দুইটী সমবর্দ্ধমান বেগ প্রাপ্ত হয় যে তাহাদের প্রভাবে কোন নির্দ্দিষ্ট কালে কখ ও কগ এর অভিমুখে ক্রমান্বয়ে ৩ ও ৪ পরিমাণে উহার বেগের আধিক্য হয়, তাহা হইলে কার্য্যতঃ ঐ বিন্দুটীর বেগ কচ এর অভিমুখে ৫ পরিমাণে বৃদ্ধি হইবে।

৮৮। বেগ ও বেগবৃদ্ধি সঙ্ঘাত ও বিঘাত বিষয়ক প্রক্রিয়া সমূহ সর্ব্বতোভাবে বলসঙ্ঘাত ও বলবিঘাত ঘটিত প্রক্রিয়ার অনুরূপ, এই জন্য তাহাদিগের বিশেষ বিবরণ এস্থলে লিখিত হইল না।

৭ম পরিচ্ছেদ।

গতির নিয়ম।

৮৯। গতির নিয়ম। পূর্ব্বেই উল্লিখিত হইয়াছে জড়পদার্থ মাত্রেই নিশ্চেষ্ট। তাহারা অন্যকর্ত্তৃক চালিত না হইলে চলিতে পারে না এবং এক বার চালিত হইলে স্বয়ং স্থির হইতেও পারে না। জড়বস্তু আপনা হইতে চলিতে পারে না, ইহা আমরা নিয়তই প্রত্যক্ষ করি; কিন্তু চালিত হইলে ক্রমে ক্রমে স্থির না হয়, এমন বস্তু কোথাও দৃষ্ট হয় না। অতএব জড়বস্তু চালিত হইলে পুনরায় স্বয়ং স্থির হইতে পারে না, ইহা কি প্রকারে বলা যাইতে পারে? কিন্তু এ আপত্তি যে নিতান্ত ভ্রান্তিমূলক বিবেচনা করিয়া দেখিলে তাহা স্পষ্টরূপে প্রতীয়মান হইবে। সচল বস্তু যেখানে যত অল্প প্রতিবন্ধক পায়

সেখানে তত অধিক দূর চলে ; সুতরাং, যে স্থলে কিছুমাত্র প্রতিবন্ধক নাই তথায় চালিত হইলে চিরকাল সমভাবে চলিবে ইহা বলিবার অপেক্ষা কি। এজন্য "অন্যের বল-প্রয়োগ ব্যতিরেকে, যে জড়বিন্দু স্থির হইয়া আছে তাহা স্থির হইয়াই থাকিবে আর যে জড়বিন্দু চলিতেছে তাহা ঋজু রেখা ক্রমে চিরকাল সমভাবে চলিবে," ইহাকেই পণ্ডিতেরা গতির প্রথম নিয়ম বলিয়া নির্দ্দেশ করিয়াছেন।

৯০। গতির দ্বিতীয় নিয়ম। "যদি কোন নিশ্চল, কি সচল জড় বিন্দুর প্রতি একেবারে এক বা ততোঽধিক বল প্রযুক্ত হয় তাহা হইলে ঐ সকল বল স্বতন্ত্র স্বতন্ত্র প্রদত্ত হইলেও উহারা স্ব স্ব অভিমুখে যেরূপ কার্য্য করিত, সমবেত হইয়াও ঠিক সেই রূপ করিবে"। যেমন এক জাতীয় দ্রব্য দ্রব্যান্তরের সহিত সংযুক্ত হইয়া গুণান্তর প্রাপ্ত হয়, কিন্তু কাহারও কণামাত্র নষ্ট হয় না ; সেই রূপ নানাবিধ বল একত্র হইলে তাহাদের কার্য্যের কিঞ্চিৎ ভাবান্তর হয় বটে, কিন্তু কেহই নিষ্ফল হয় না।

নিম্নে ইহা দুইটী উদাহরণ দ্বারা প্রতিপন্ন করা যাইতেছে।

কোন চলিষ্ণু নৌকার মাস্তুলের উপর হইতে যদি কোন বস্তু নিক্ষেপ করা যায়, তাহা হইলে নৌকা নিশ্চল থাকিলে ঐ বস্তু যেরূপ মাস্তুলের নীচে আসিয়া পড়িত নৌকা সচল হওয়াতেও ঠিক সেই রূপ পড়ে, তাহার কিছু মাত্র অন্যথা হয় না।

বাষ্পীয় শকটে গমন করিতে করিতে যদি কোন বস্তু

ঊর্দ্ধে উৎক্ষেপ করা যায় তাহা হইলে উহা পুনরায় আমাদিগের হস্তে আসিয়া পড়ে।

৯১। গতির তৃতীয় নিয়ম। সমান বলে চালিত হইলেও সকল দ্রব্যে সমান বেগ উৎপাদিত হয় না। এমন কি, আয়তন সমান হইলেও বেগের এইরূপ তারতম্য দৃষ্ট হয়। এক ঘন ইঞ্চি সোলাকে এক সেকেণ্ডে এক ফুট চালাইতে হইলে যে বল লাগে, এক ঘন ইঞ্চি লৌহাকে সেই সময়ের মধ্যে তত দূর চালাইতে হইলে তদপেক্ষা অধিক বল প্রয়োগ করা আবশ্যক। তাহার কারণ এইযে ১ ঘন ইঞ্চি সোলা অপেক্ষা ১ ঘন ইঞ্চি লৌহে অধিক 'সামগ্রী' আছে। সুতরাং প্রতীয়মান হইতেছে, যাহাতে যত অধিক সামগ্রী থাকে, সমান বলে চালিত হইলে, প্রতি কালিক এককের অন্তে তাহার বেগবৃদ্ধিও তত অল্প হয়। ফলতঃ বল সমান হইলে কেবল সামগ্রীর তারতম্যানুসারেই বেগের তারতম্য ঘটিয়া থাকে। যে বলে চালিত হইলে ১ সের সামগ্রীসম্পন্ন কোন বস্তু ১ সেকেণ্ডে ১০ ফুট চলে, সেই বলে চালিত হইলে ২ সের সামগ্রী সম্পন্ন বস্তু ১ সেকেণ্ডে ৫ ফুট, ৫ সের সামগ্রী বিশিষ্ট বস্তু ২ ফুট, ১০ সের সামগ্রী বিশিষ্ট বস্তু ১ ফুট এবং ১ মণ সামগ্রী বিশিষ্ট বস্তু ১ সেকেণ্ডে ৩ ইঞ্চি মাত্র চলিবে। অতএব স্বীকার করিতে হইবে যে শুদ্ধ বেগের পরিমাণ দেখিয়া বলের পরিমাণ বলিতে পারা যায় না।

আবার সামগ্রীর পরিমাণ যদি সমান হয় তাহা

হইলে যত অধিক বল প্রয়োগ করা যায় উৎপন্ন বেগের পরিমাণ তত অধিক হইয়া থাকে। যে বল দ্বারা কোন দ্রব্যকে ১ সেকেণ্ডে ১ ফুট চালাইতে পারা যায় তাহার দ্বিগুণ, ত্রিগুণ, চতুর্গুণ ... ... পরিমিত বল প্রয়োগ করিলে সেই দ্রব্যকে ১ সেকেণ্ডে যথাক্রমে ২ ফুট ৩ ফুট ৪ ফুট চালাইতে পারা যায়, ইত্যাদি। অতএব প্রতীয়মান হইতেছে, সামগ্রী সমান হইলে প্রযুক্ত বলের তারতম্যানুসারে বেগের তারতম্য হয়।

যদিও উৎপাদিত বেগ কি পরিচালিত সামগ্রীর পরিমাণ দেখিয়া প্রযুক্ত বলের মান অবধারণ করিতে পারা যায় না বটে; পরন্তু বেগ ও সামগ্রীর গুণফল দেখিয়া প্রযুক্ত বলের পরিমাণ বলা যাইতে পারে। চালিত দ্রব্য সকলের স্ব স্ব বেগ ও সামগ্রীর গুণ ফলের যে অনুপাত তাহাদিগের পরিচালক বল সমূহেরও সেই অনুপাত। ১সের সামগ্রী সম্পন্ন বস্তু যদি ১ সেকেণ্ডে ৫ ফুট চলে আর৫ সের সামগ্রী সম্পন্ন বস্তু যদি ১ সেকেণ্ডে ১ ফুট মাত্র তাহা হইলেও উভয়ের পরিচালক বল সমান, কেননা ১ × ৫ = ৫ × ১। আবার ১ সের সামগ্রী ১ সেকেণ্ডে যদি ১০ ফুট চলে আর ৫ সের সামগ্রী যদি সেই সময়ে ১ ফুট চলে তাহা হইলে সেই স্থলে ১ সেরের পরিচালক বল ৫ সেরের পরিচালক-বলের দ্বিগুণ। কেননা ১ × ১০ = ২ (১ × ৫)

এক্ষণে প্রতিপন্ন হইল সামগ্রী ও বেগের গুণ ফলের সহিত প্রযুক্ত বল সকল সমানুপাতিক। সামগ্রীও বেগের

গুণ ফলকে সংবেগ বলিয়া নির্দ্দেশ করা যাইতে পারে। অতএব প্রতীয়মান হইতেছে "যে স্থলে কাল নির্দ্দিষ্ট থাকে সেখানে প্রযুক্ত বল সকলের অনুপাত স্ব স্ব সংবেগের সহিত সমানুপাতিক"। এই নিয়মটীকে গতির তৃতীয় নিয়ম বলে।

৯২। বেগে ও সংবেগে অনেক প্রভেদ। বেগ সমান হইলেই সংবেগ সমান হয় না। এক খণ্ড সোলা ও এক খণ্ড প্রস্তর সমান বেগে মস্তকোপরি পতিত হইলেও প্রস্তর কর্ত্তৃক মস্তক যেরূপ আহত হয়, সোলা দ্বারা কখনই সে রূপ হয় না। পরন্তু বেগ তাদৃশ অধিক হইলে লঘু দ্রব্যও সংবেগে গুরু দ্রব্যের তুল্য হয়। তাদৃশ উচ্চ হইতে নিক্ষিপ্ত হইলে সোলার আঘাতেও মস্তক চূর্ণ হইয়া যাইতে পারে। বায়ুর প্রতিবন্ধকতা না থাকিলে বারিধারা ও করকাদির আঘাতেই আমাদিগের শরীর চূর্ণ হইয়া যাইত। বায়ু যে এমন লঘু, তথাপি ঝড়ের সময়ে যখন প্রচণ্ড বেগে গমন করে তখন তাহার বেগ এতাদৃশ অধিক হইয়া উঠে যে তাহার ভয়ঙ্কর আঘাতে পর্ব্বত, বৃক্ষ ও অট্টালিকাদি ভগ্ন হইয়া যায়। খাটের উপর হইতে পড়িলে লাগে না কিন্তু অট্টালিকাদির উপর হইতে পড়িলে বিলক্ষণ আহত হইতে হয়। তাহার কারণ এই অধিক উচ্চ হইতে পড়িলে বেগের সমধিক বৃদ্ধি হওয়াতে আমরা পৃথিবীকে অপেক্ষাকৃত অধিক তেজে আঘাত করি এবং পৃথিবীও আমাদিগকে অপেক্ষাকৃত অধিক তেজে প্রতিঘাত করে।

৯৩। ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া। যে বলে কোন সচল বস্তু অন্য বস্তুকে আঘাত করে ঠিক সেই বলে উহা তৎকর্ত্তৃক প্রতিহত হয়। ঘরের মেজের উপর এক খণ্ড প্রস্তর সতেজে নিক্ষেপ করিলে উহা তাহার প্রতিঘাতে উল্লম্ফিত হইয়া উঠে; পক্ষিগণ পক্ষ দ্বারায় যে রূপ বায়ুকে আঘাত করে, বায়ুও তাহাদের পক্ষকে সেইরূপ প্রতিঘাত করে। বায়ুর প্রতিঘাত বশতঃ পক্ষীরা উড়িতে সমর্থ হয়। কর্ম্মকারেরা হাতুড়ির দ্বারায় যেরূপ নেয়াইয়ের উপর আঘাত করে নেয়াইও সেই রূপ হাতুড়িকে প্রতিঘাত করে। বস্তুতঃ আঘাত ও প্রতিঘাত সর্ব্বত্রই সমান ও প্রতিকূলাভিমুখে কার্য্যকারী। নিশ্চল অবস্থাতেও ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার উদাহরণ দেখিতে পাওয়া যায়। টেবি-লের উপর কোন ভারী দ্রব্য স্থাপন করিলে সেই দ্রব্যটী পড়িয়া যায় না তাহার উপর স্থির হইয়া থাকে, ইহার কারণ এই,টেবিলের উপর দ্রব্যটীর যে চাপ লাগে দ্রব্যটীর উপর টেবিলের প্রতি চাপ তাহার সমান হইয়া থাকে। সংস্থাপিত দ্রব্যের চাপ যদি টেবিলের প্রতিচাপ হইতে অধিক হয় তাহা হইলে টেবিল ভগ্ন ও চূর্ণ হইয়া যায়। ফলতঃ অভিনিবেশ পূর্ব্বক বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে, ক্রিয়া মাত্রেরই এক একটী প্রতিক্রিয়া আছে এবং প্রত্যেক ক্রিয়াই স্বস্ব প্রতিক্রিয়ার সমান ও প্রতিমুখে কার্য্যকারী।

৮ম পরিচ্ছেদ।

ঋজুগতি।

৯৪। ১ম প্রতিজ্ঞা। সপ্রমাণ কর দূ= বেকা।

কোন নির্দ্দিষ্ট কালে যে বিন্দু যত অধিক দূর যায়, তাহার বেগ তত অধিক, আর যে বিন্দু যত অল্প দূর গমন করে, তাহার বেগ তত অল্প। অর্থাৎ,

বে ∝ দূ যদি কা নির্দ্দিষ্ট থাকে।

আরও দেখ কোন নির্দ্দিষ্ট দূরে যে বিন্দু যত অল্প কালে যায় তাহার বেগ তত অধিক এবং যে বিন্দু যত অধিক কালে যায় তাহার বেগ তত অল্প। অর্থাৎ

$$\text{বে} \propto \frac{১}{\text{কা}}\text{, যদি দূ নির্দ্দিষ্ট থাকে।}$$

সুতরাং কা ও দূ ইহাদিগের উভয়েরই যদি পরিবর্ত্তন হয়, তাহা হইলে বিপরীণামের নিয়মানুসারে,

$$\text{বে} \propto \frac{\text{দূ}}{\text{কা}}\text{, এবং}$$

$$\text{বে} = \text{ন}\,\frac{\text{দূ}}{\text{কা}}\text{।}$$

শেষোক্ত সমীকরণটী বেগের একক সাপেক্ষ নহে। পরন্তু যে বেগ প্রভাবে কোন জড় বিন্দু একক পরিমিত কালে একক পরিমিত দূরে গমন করিতে পারে, সেই বেগকে যদি বেগের একক বলিয়া কল্পনা করা যায়, তাহা হইলে যে স্থলে দূ = ১ এবং কা = ১, সেখানে বে = ১, সুতরাং ন = ১ এবং দূ = বেকা।

৯৫। ২য় প্রতিজ্ঞা। সপ্রমাণ কর বে = মাকা।

কোন নির্দ্দিষ্ট কালে যাহার বেগবৃদ্ধির পরিমাণ মা যত অধিক হয় তাহার বেগও তত অধিক হইয়া থাকে।

অর্থাৎ বে ∝ মা, যখন কা নির্দ্দিষ্ট থাকে।

আরও বেগ বৃদ্ধির পরিমাণ সমান হইলে কালের ন্যূনাধিক্য অনুসারে বেগের ন্যূনাধিক্য হয়। অর্থাৎ

বে ∝ কা যখন মা নির্দ্দিষ্ট থাকে।

অতএব যে স্থলে মা ও কা উভয়েই পরিবর্ত্তিত হয়, তথায়,

$$বে \propto মাকা$$

$$\therefore বে = ন\ মাকা।$$

এক্ষণে দেখ, যদি একক পরিমিত কালে একক পরিমিত বল দ্বারা যে বেগ উৎপাদিত হয় সেই বেগকে যদি একক স্বরূপ কল্পনা করা যায়, তাহা হইলে যখন মা = ১, এবং কা = ১ হইবে, তখন বে = ১ হইবে, সুতরাং ন = ১ এবং বে = মাকা হইবে।

৯৬। ৩য় প্রতিজ্ঞা। যদি কোন নিশ্চল জড় বিন্দু মা-পরিমিত সমবর্দ্ধমান বেগ প্রাপ্ত হইয়া কা-কালে দূ-দূরে গমন করে তাহা হইলে দূ = ½ মাকা²।

কা-কালকে যদি স অংশে বিভক্ত বলিয়া মনে করা যায়, তাহা হইলে (বে = মাকা, সূত্রানুসারে) ১ম, ২য়, ৩য়.... সতম অংশ গুলির অন্তে যথাক্রমে

$$মা.\frac{কা}{স},\ মা.২\frac{কা}{স},\ মা.৩\frac{কা}{স},\ \ldots\ldots\ মা.স\frac{কা}{স}$$ পরিমিত

বেগের সঞ্চার হইবে।

অতএব যে অংশের অন্তিম বেগ যত, প্রস্তাবিত জড় বিন্দুটী সেই অংশ যদি সমভাবে সেই বেগে গমন করে, তাহা হইলে (দূ = বে কা সূত্রানুসারে) ১ম, ২য়, ৩য়,...... স তম অংশে যথাক্রমে

$$মা\,\frac{কা}{স}\cdot\frac{কা}{স},\ মা\,২\,\frac{কা}{স}\cdot\frac{কা}{স},\ \ldots\ldots মা\,স\,\frac{কা}{স}\cdot\frac{কা}{স}$$

দূর গমন করিবে। অতএব এইরূপ স্থলে জড় বিন্দুটী কা-কালে যত দূর যাইবে তাহার পরিমাণ যদি $দূ_১$ হয়, তাহা হইলে

$$দূ_১ = মা\,\frac{কা}{স}\cdot\frac{কা}{স} + মা\,২\,\frac{কা}{স}\cdot\frac{কা}{স} + \ldots + মা\,স\,\frac{কা}{স}\cdot\frac{কা}{স}$$

$$= মা\,\frac{কা^২}{স^২} + মা\,\frac{কা^২}{স^২}\cdot ২ + \ldots\ldots + মা\,\frac{কা^২}{স^২}\,স$$

$$= মা\,\frac{কা^২}{স^২}\,(১+২+৩+\ldots\ldots\ldots\ldots+স)$$

$$= মা\,\frac{কা^২}{স^২}\cdot\frac{স\,(স+১)}{২}$$

$$= \tfrac{১}{২}\,মা\,কা^২\,\left(১+\frac{১}{স}\right)$$

আরও বিবেচনা করিয়া দেখ কা—কালকে যে স অংশে বিভক্ত বলিয়া কল্পনা করা গিয়াছে তাহার ১ম, ২য়, ৩য় ......স তম অংশের আদিম বেগ যথাক্রমে

$$০,\ মা\,\frac{কা}{স},\ মা\,২\,\frac{কা}{স},\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ মা\,(স-১)\,\frac{কা}{স}।$$

সুতরাং যে অংশের আদিম বেগ যত, প্রস্তাবিত জড় বিন্দু যদি সেই অংশ সমভাবে সেই বেগে গমন করে, তাহা হইলে, ১ম, ২য়, স তম অংশে যথাক্রমে

$০\frac{কা}{স}$, মা $\frac{কা}{স}\cdot\frac{কা}{স}$, ... মা $(স-১)\frac{কা}{স}\cdot\frac{কা}{স}$

দূর গমন করিবে। অতএব এইরূপ স্থলে কা-কালে জড় বিন্দুটী যত দূর গমন করিবে তাহার পরিমাণ যদি $দূ_২$ হয়, তাহা হইলে

$$দূ_২ = ০\frac{কা}{স} + মা\frac{কা}{স}\cdot\frac{কা}{স} + \ldots\ldots + মা(স-১)\frac{কা}{স}\cdot\frac{কা}{স}$$

$$= মা\frac{কা^২}{স^২} + মা\frac{কা^২}{স^২}২ + \ldots + মা\frac{কা^২}{স^২}(স-১)$$

$$= মা\frac{কা^২}{স^২}\left\{১ + ২ + \ldots\ldots\ldots + (স-১)\right\}$$

$$= মা\frac{কা^২}{স^২}\cdot\frac{স(স-১)}{২} = \frac{১}{২}মা\,কা^২\left\{১ - \frac{১}{স}\right\}$$

এক্ষণে বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে।

$দূ < দূ_১$ এবং $> দূ_২$

$\therefore দূ < \frac{১}{২}মাকা^২\left(১+\frac{১}{স}\right)$ এবং $> \frac{১}{২}মাকা^২\left(১-\frac{১}{স}\right)$

পরন্তু স-এর পরিমাণ যত বৃদ্ধি করা যায় $দূ_১$ ও $দূ_২$ ততই পরস্পরের সমান হইয়া আইসে সুতরাং স-কে অনন্ত গুণিত করিলে $দূ_১$ ও $দূ_২$ উভয়েই $\frac{১}{২}মাকা^২$ সমান হইবে।

$\therefore দূ = \frac{১}{২}মাকা^২$।

৯৭। ৪র্থ প্রতিজ্ঞা। যদি কোন নিশ্চল জড় বিন্দু মা পরিমিত সমবর্দ্ধমান বেগ প্রভাবে কোন নির্দ্দিষ্ট কালে দূ পরিমিত দূরে গমন করিয়া যে পরিমিত বেগ সম্পন্ন হয় তাহা হইলে $বে^২ = ২মা\,দূ$।

পূর্ব্বে প্রতিপাদিত হইয়াছে,

$বে = মাকা$

এবং $দূ = \frac{১}{২} মাকা^২$

$\therefore বে^২ = মা^২ কা^২ = মা^২ \times \frac{২ দূ}{মা} = ২ মা দূ।$

৯৮। ৫ম প্রতিজ্ঞা। যদি বে´ পরিমিত বেগ সম্পন্ন কোন সচল জড় বিন্দু মা পরিমিত সমবর্দ্ধমান বেগ প্রাপ্ত হইয়া কা পরিমিত কালে দূ পরিমিত দূরে গমন করিয়া বে পরিমিত বেগ বিশিষ্ট হয়, তাহা হইলে

$বে = বে´ + মাকা,$ .... (১)

$দূ = বে´কা + \frac{১}{২} মাকা^২,$ .... (২)

এবং $বে^২ = বে´^২ + ২ মাদূ।$ .... (৩)

১মতঃ প্রমাণ করা যাইতেছে যে, $বে = বে´ + মাকা।$ পূর্ব্বেই উক্ত হইয়াছে যে, মা পরিমিত সমবর্দ্ধমান বেগ প্রভাবে একক পরিমিত কালে মা পরিমিত বেগের লাভ হয়, সুতরাং কা কালে মা×কা পরিমাণে বেগের বৃদ্ধি হইয়া থাকে। অতএব কা-কালের প্রারম্ভে প্রস্তাবিত বিন্দুটী যদি বে´বেগ বিশিষ্ট হয় তাহা হইলে উহার অন্তে তাহার বেগ $বে = বে´ + মাকা$ হইবে।

২য়তঃ সপ্রমাণ করা যাইতেছে যে, $দূ = বেকা + \frac{১}{২}মাকা^২।$ বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে যে প্রস্তাবিত বিন্দুটী কা-কালে বে-বেগ বশতঃ বেকা এবং মা সমবর্দ্ধমান বেগ প্রভাবে $\frac{১}{২} মাকা^২$ দূর যাইতে পারে। সুতরাং ঐ সময়ে উহা সর্ব্বশুদ্ধ বে×কা × $\frac{১}{২} মাকা^২$ দূর গমন করিবে অর্থাৎ $দূ = বেকা + \frac{১}{২} মাকা^২$ হইবে।

অতএব সপ্রমাণ করা যাইতেছে যে বে^{2} = বে$'^2$ + ২ মাদ। প্রতিপাদিত হইয়াছে বে = বে$'$ + মাকা

এবং দ = বে$'$ কা + ½ মাকা^{2}

∴ বে^{2} = বে$'^2$ + ২ বে$'$ মাকা + মা^{2}কা^{2}

= বে$'^2$ + ২মা (বে$'$ কা + ½ মাকা^{2})

= বে$'^2$ + ২ মাদ।

৯৯। পূর্ব্বেই উল্লিখিত হইয়াছে পতনশীল বস্তুর বেগ সমবর্দ্ধমান বেগের এক উৎকৃষ্ট উদাহরণ স্থল। এই নিমিত্ত,

বে = মাকা, দ = ½ মাকা^{2}, বে^{2} = ২ মাদ

এবং বে = বে$'$ + মাকা, দ = বে$'$ কা + ½ মাকা^{2},

বে^{2} = বে$'^2$ + ২ মাদ

এই কয়েকটী সূত্র অবলম্বন করিয়া পতনশীল দ্রব্যের গতি সংক্রান্ত যাবতীয় প্রশ্ন সমাধান করা যাইতে পারে।

বিবেচনা করিয়া দেখিলে প্রতীত হইবে, পতনশীল বস্তু সকল ১ সেকেণ্ডে ½ মা × ১^2 = ½ মা, দূর পড়ে। অতএব স্বীকার করিতে হইবে যে পতনশীল দ্রব্য সকল প্রথম সেকেণ্ডে যত দূর পড়ে উহাদিগের বেগ বৃদ্ধির মান তাহার দ্বিগুণ। বাস্তবিক ও পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে, পতনশীল দ্রব্য সকল প্রথম সেকেণ্ডে ১৬.১ ফুট পতিত হয় এবং উহাদিগের বেগ প্রতি সেকেণ্ডে ৩২.২ ফুট করিয়া বর্দ্ধিত হয়। সুতরাং ১ সেকেণ্ড ও ১ ফুট যথাক্রমে কাল ও দূরত্বের একক হইলে পতনশীল দ্রব্যের বেগবৃদ্ধির মান যদি মা হয়, তাহা হইলে মা = প্রতি সেকেণ্ডে ৩২.২ ফুট হইবে।

নিরক্ষ বৃত্ত হইতে সম দূরস্থিত স্থান সমূহে মা-র পরি-

মা' সমান, পরন্তু ভিন্ন ভিন্ন দূর স্থিত স্থান সমূহে মা-র পরিমাণ ভিন্ন। যদি কোন স্থান নিরক্ষ বৃত্ত হইতে অ অক্ষাংশ দূরে অবস্থিত হয় তাহা হইলে সেই স্থানে,

মা = ৩২.১৭২৪ ′১০ — ০০২৫৬ কোশিন অ।

১০০। ৬ষ্ঠ প্রতিজ্ঞা। সপ্রমাণ কর ব ∝ সাবে।

কোন নির্দ্দিষ্ট বলে চালিত হইলে, যাহার সামগ্রী পরিমাণ (সা) যত অধিক, তাহার বেগবৃদ্ধি মা তত অল্প হয়। অর্থাৎ মা $\propto \frac{১}{সা}$।

যেখানে সামগ্রী সমান, সেখানে যত অধিক বল প্রয়োগ করা যায়, বেগ বৃদ্ধিও তত অধিক হয়, অর্থাৎ মা ∝ ব।

যে স্থানে সা এবং ব দুয়েরই পরিবর্ত্তন হয় সেখানে মা $\propto \frac{ব}{সা}$ এবং ব ∝ সা মা।

অতএব ব = ন সা মা।

যদি সা = ১ এবং মা = ১ হইলে, ব = ১ হয়, তাহা হইলে ব = সা মা।

প্রতিকালিক এককের অন্তে যদি কোন বস্তুর বেগ মা-পরিমাণে বৃদ্ধি হয়, তাহা হইলে কা পরিমিত কালে তাহার বেগ বে = মা কা হইবে। ∴ মা = $\frac{বে}{কা}$।

অতএব ব = সা মা = সা $\frac{বে}{কা}$। সুতরাং কা-কাল যেখানে নির্দ্দিষ্ট থাকে সেখানে ব ∝ সাবে।

১০১। ৭ম প্রতিজ্ঞা। সপ্রমাণ কর ভা = সাগ।

কোন পতনশীল বস্তুকে পৃথিবী যে বলে আকর্ষণ করে, ঐ বস্তুর ভারই তাহার পরিমাণ। মাধ্যাকর্ষণ প্রভাবে প্রত সেকেণ্ডে গা-পরিমাণে বেগ বৃদ্ধি হইয়া থাকে। এই নিমিত্ত পতন স্থলে ব = ভা, এবং গা = ম

∴ ভা = সাগা

যেখানে গা-র পরিবর্ত্তন না হয় সেখানে যাহাদিগের সামগ্রী সমান তাহাদের ভারও সমান; অর্থাৎ তথায় ভা ∝ সা। পরন্তু পূর্ব্বেই উক্ত হইয়াছে, গা-র পরিমাণ সর্ব্বত্র সমান নহে, ভিন্ন ভিন্ন অক্ষাংশস্থিত স্থল সমূহে গা-র পরিমাণ ভিন্ন। নিরক্ষ প্রদেশে কোন বস্তুর যে ভার, মেরুপ্রদেশে লইয়া গেলে তাহার ভার তদপেক্ষা অধিক হইয়া থাকে। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে কোন সুচারু স্প্রীঙের অগ্রভাগে একখণ্ড প্লাটিনম্ কি অন্য কোন ভারী দ্রব্য সংযুক্ত করিয়া যদি তাহাকে নিরক্ষ প্রদেশ হইতে মেরু প্রদেশে লইয়া যাওয়া যায়, তাহা হইলে সেই স্প্রীংটী ক্রমশঃ প্রসারিত হইতে থাকে। সংযুক্ত ধাতুখণ্ডের ভারবৃদ্ধিই এই রূপ প্রসারণের কারণ। প্রসারণের পরিমাণ দেখিয়া ভারবৃদ্ধির পরিমাণ নিরূপণ করা যাইতে পারে। এই রূপ স্থলে তুলাদণ্ড দ্বারা ভারবৃদ্ধি অবধারণ করিতে পারা যায় না, কেনন। দ্রব্যাদির যেরূপ ভার বৃদ্ধি হয় বাটখারাগুলিরও সেই রূপ হইয়া থাকে।

চতুর্থ অধ্যায়।

বারিবিজ্ঞান।

১ম পরিচ্ছেদ।

তরল বস্তুর ধর্ম্ম।

১০২। আণবিক আকর্ষণ ও আণবিক বিকর্ষণের তারতম্য বশতঃ জড় বস্তু সকল কখন কঠিন, কখন তরল ও কখন বা বায়বীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়। আণবিক বিকর্ষণের অপেক্ষা আণবিক আকর্ষণের প্রভাব অধিক হইলে কাঠিন্যের সঞ্চার হয়, উভয়ের পরাক্রম সমান হইলে তারল্যের উৎপত্তি হয়, আর আকর্ষণ অপেক্ষা বিপ্রকর্ষণের বল অধিক হইলে সকল বস্তুই বাষ্পাকার ধারণ করে। উষ্ণতার যত বৃদ্ধি হয় বিকর্ষণের বলও তত অধিক হইয়া থাকে। এই নিমিত্ত উত্তপ্ত হইলে কঠিন বস্তু তরল ও তরল বস্তু বাষ্প হইয়া যায়।

কঠিনবস্তুর পরমাণু সকল আণবিক আকর্ষণ গুণে যেরূপ দৃঢ়রূপে আকৃষ্ট হইয়া থাকে, তরল ও বায়বীয় বস্তুর পরমাণু সকল সেরূপ নহে। কঠিন বস্তুর পরমাণুগণ নিবিড়সন্নিবেশনিবদ্ধ সহজে বিচ্ছিন্ন হয় না, কিন্তু তরল ও বায়বীয় দ্রব্যের পরমাণু সকল বিরল নিনিবেশ বশতঃ সহজেই সঞ্চালিত হইয়া থাকে। কঠিন পদার্থ সকল এক এক প্রকার নির্দ্দিষ্ট আকৃতি বিশিষ্ট; কিন্তু

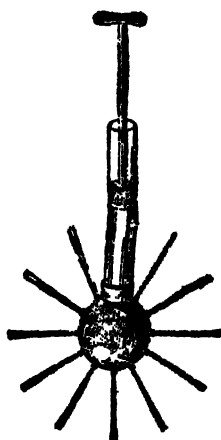
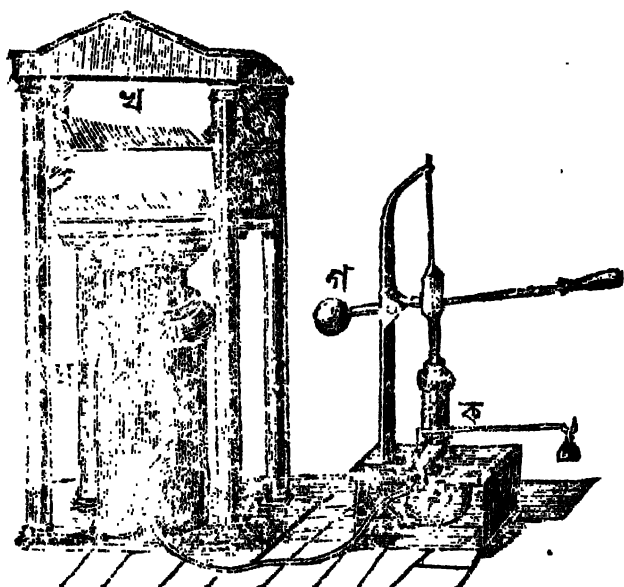
তরল ও বায়বীয় পদার্থের কোন নির্দ্দিষ্ট আকৃতি নাই, তাহাদিগকে যেরূপ পাত্রে রাখা যায় তাহারা সেই রূপ আকৃতি প্রাপ্ত হয়।

তরল বস্তু সকলও আকুঞ্চনীয়। কাণ্টন আর্ষ্টেড প্রভৃতি সুবিখ্যাত পণ্ডিতগণ নানাবিধ পরীক্ষা দ্বারা স্থির করিয়াছেন যে সমধিক চাপ প্রয়োগ করিলে তরল দ্রব্যমাত্রই কিঞ্চিৎ কিঞ্চিৎ আকুঞ্চিত হয়। প্রতি ইঞ্চিতে সাড়ে সাতসের প্রমাণ চাপ প্রযুক্ত হইলে দশ লক্ষ ভাগ জলের আয়তন পাঁচ ভাগ কম পড়ে। চাপ অপসৃত হইলে জল ও জলবৎ পদার্থ সকল পুনরায় প্রসারিত হইয়া পূর্ব্ব আয়তন প্রাপ্ত হয়। অতএব, তরল বস্তু সকল স্থিতিস্থাপক গুণ সম্পন্ন, ইহা অবশ্যই স্বীকার করিতে হইবে।

১০৩। চাপ সঞ্চালনের নিয়ম। "তরল বস্তুর এক অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে সেই চাপ তাহার সকল দিকে সমভাবে সঞ্চালিত হয়"। খৃষ্টীয় সপ্তদশ শতাব্দীর মধ্য ভাগে পাস্কাল নামক এক জন সুপ্রসিদ্ধ ফরাসী দেশীয় পণ্ডিত চাপসঞ্চালন সংক্রান্ত এই নিয়মের আবিষ্কার করেন। এই নিমিত্ত এই নিয়মটী "পাস্কালের নিয়ম" বলিয়া অভিহিত হইয়াছে।

জলাদির এক দিকে কোন চাপ প্রয়োগ করিলে সেই চাপ যে তাহার সকল দিকে সমভাবে সঞ্চালিত হয়, ইহা একটী পরীক্ষা দ্বারায় অনায়াসে দেখান যাইতে পারে। একটী পিচ্কারী সদৃশ বহুছিদ্র সম্পন্ন যন্ত্র জলপূর্ণ

করিয়া যদি তাহার অর্গলটীকে বলপূর্ব্বক ভিতরে প্রবিষ্ট করিয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে সকল ছিদ্র হইতেই জল নির্গত হয়। সকল দিকে চাপ সঞ্চালিত না হইলে সকল ছিদ্র দিয়া কখনই জল নিঃসৃত হইত না।

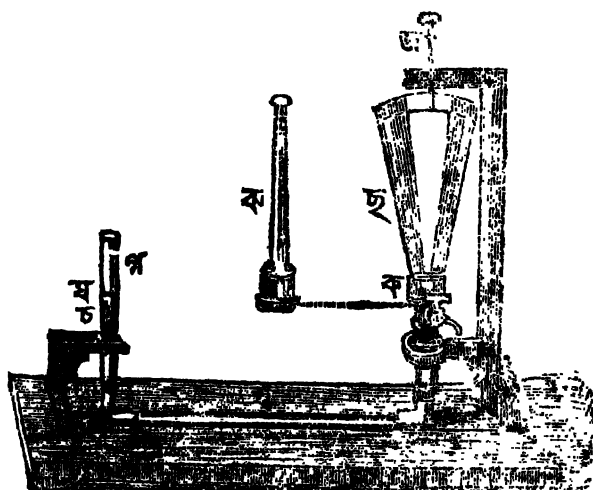
কোন জলাধারের যে ভাগটীতে চাপ দেওয়া যায় সেই ভাগের ক্ষেত্র ফল অপেক্ষা সমুদায় আধারের ক্ষেত্র ফল যত অধিক হয়, প্রদত্ত চাপ অপেক্ষা সমুদয় আধারটীতে তত অধিক চাপ লাগে। প্রয়োগ স্থলের ক্ষেত্রফল অপেক্ষা সমুদায় আধারের ক্ষেত্রফল যদি দশ গুণ অধিক হয়, তাহা হইলে প্রযুক্ত চাপ অপেক্ষা সমুদায় আধারটীকে দশ গুণ অধিক চাপ সহ্য করিতে হয়; শতগুণ অধিক হইলে সমুদায় আধারটীকে শতগুণ অধিক চাপ সহ্য করিতে হয়, ইত্যাদি। যে স্থলে চাপ প্রয়োগ করা যায় সে স্থলের পরিমাণ যদি এক বর্গ ইঞ্চি হয় তাহা হইলে ১ সের পরিমিত চাপ প্রয়োগ করিলে পাত্রের উপর বিংশতি সের পরিমিত চাপ লাগে। দশ সের প্রমাণ চাপ প্রয়োগ করিলে সমুদায় আধারের উপর পাঁচ মণ প্রমাণ চাপ লাগে, ইত্যাদি। এই চাপ সহ্য করিতে না পারিলেই পাত্রটী ভগ্ন হইয়া যায়।

যদিও পাস্কালের এই নিয়ম অবলম্বন করিয়া যাবতীয় বারিঘটিতপেষণযন্ত্রের সৃষ্টি হইয়াছে, তথাপি তাঁহার তাদৃশ শিল্প নৈপুণ্য না থাকাতে তিনি স্বয়ং কোন যন্ত্র নির্ম্মাণে সমর্থ হন নাই। পরিশেষে, ১৭৯৪খৃঃ অব্দে লণ্ডন নগরে ব্রামা নামক এক জন শিল্পকার স্বনাম খ্যাত পেষণ যন্ত্রের সৃষ্টি করেন। এই যন্ত্রের দ্বারা

মানব সমাজের যে কত উপকার সাধিত হইতেছে তাহা বর্ণনা করা যায় না। দূরদেশে তুলা, পাট প্রভৃতি বহু আয়তন সম্পন্ন বস্তু প্রেরণ করিতে হইলে, প্রথমে ঐই যন্ত্র দ্বারায় যাঁত দিয়া তাহাদিগের আয়তন হ্রাস করা

হইয়া থাকে। ইহাতে যে পরিমাণ তুলাদি পাঠাইতে পূর্ব্বে পাঁচ সাত খানি জাহাজের আবশ্যক হইত, এক্ষণে তাহা একখানির দ্বারা অনায়াসে প্রেরিত হইতেছে। পূর্ব্ব পৃষ্ঠায় একটী ব্রামা যন্ত্রের প্রতিকৃতি প্রদত্ত হইয়াছে। এই যন্ত্রে ক ও খ নামক দুইটী স্তম্ভাকার পাত্র আছে, তন্মধ্যে ক অপেক্ষা ঘ এর পরিধি অনেক বৃহৎ। আবার এই দুইটী স্তম্ভাকার পাত্রের প্রত্যেকটীতেই এক একটী স্তম্ভাকার দণ্ড সন্নিবেশিত আছে। দণ্ডদ্বয়ের পরিধি স্ব স্ব পাত্রের অভ্যন্তর ভাগের পরিধির সমান, এমন কি পাত্র মধ্যে স্থাপিত হইলে উহাদের পার্শ্বদেশ দিয়া জল গমনের পথ পর্য্যন্ত রুদ্ধ হইয়া যায়। চিত্রের প্রতি দৃষ্টি করিলেই প্রতীতি হইবে ক ও ঘ একটী নল দ্বারা সংযুক্ত। গ নামক দণ্ড যন্ত্রদ্বারা ক-এর অভ্যন্তরস্থ দণ্ড উত্তোলন করিলে জ-নামক জল পূর্ণ পাত্র এবং ক-এর মধ্যস্থিত কপাট উদ্ঘাটিত হয় এবং জ হইতে জল উত্থিত হইয়া ক-এর মধ্যে প্রবেশ করে। পরে দণ্ড যখন নামিতে থাকে তখন উক্ত কপাট বদ্ধ হইয়া যায় এবং ক-এর অভ্যন্তরস্থ জল পূর্ব্বোক্ত নল দিয়া ঘ-এর মধ্যে প্রবেশ করিয়া তাহার অভ্যন্তরস্থ দণ্ডকে ঠেলিয়া তুলে। বিবেচনা করিয়া দেখিলেই বোধ হইবে, ক-এর দণ্ডকে যত উঠান নামান যাইবে ঘ এর দণ্ডও তত উন্নত হইয়া উঠিবে। সুতরাং খ নামক যে কোন বস্তুকে ঘ-এর দণ্ড ও ফ্রেমের ঊর্দ্ধদেশের মধ্যে স্থাপন করা যায় তাহাও তত আকুঞ্চিত হইবে।

ক-এর দণ্ড অপেক্ষা ঘ-এর দণ্ড যত বৃহৎ হয়, এই

যন্ত্রের দ্বারা বলের লাভও তত অধিক হইয়া থাকে। ক অপেক্ষা য-এর তলভাগের ক্ষেত্রফল ৪০০ শত গুণ অধিক হয়, তাহা হইলে ক-এর দণ্ডকে যে বলে নামাইবে, য-এর দণ্ড তদপেক্ষা ৪০০ গুণ বলে উন্নত হইবে। গ-দণ্ডযন্ত্র দ্বারাও বলের বিলক্ষণ লাভ হইয়া থাকে। গ-দণ্ডের যে ভুজে বল প্রয়োগ করা যায় তাহার পরিমাণ যদি অন্য ভুজ অপেক্ষা ৫০ গুণ অধিক হয়, তাহা হইলে প্রযুক্ত বল অপেক্ষা ৫০ গুণ অধিক বলে য-এর দণ্ড উঠিতে নামিতে থাকিবে। সুতরাং প্রস্তাবিত স্থলে যদি কোন ব্যক্তি ১ মণ পরিমিত বলে গ-দণ্ড যন্ত্র-দ্বারা কএর অভ্যন্তরস্থ দণ্ড উঠাইতে থাকে, তাহা হইলে য-এর অভ্যন্তরস্থ দণ্ড ৪০০ × ৫০ = ২০,০০০ বিংশতিসহস্র মণ বলে য-এর অভ্যন্তরস্থ দণ্ড উন্নত হইয়া উঠিবে।

১০৪। জলাদির চাপ তাহাদের উন্নতি ও ঘনত্ব সাপেক্ষ, পরিমাণ বা আধার পাত্রের আকৃতি সাপেক্ষ নহে। জলাদির পৃষ্ঠদেশ হইতে যে বিন্দু যত নিম্নে অবস্থিত তাহার উপর তত অধিক চাপ লাগে। যে বস্তুতে যত অধিক বিন্দু আছে অর্থাৎ যাহার ক্ষেত্রফল যত অধিক, সমতল ভাবে জলমগ্ন করিলে তাহার উপর চাপও তত অধিক হইয়া থাকে। যে পাত্রের তলা যত বিস্তৃত, জলের গভীরতা সমান হইলে তাহার তলার উপর তত অধিক চাপ পড়ে। একটী বৃত্ত সূচী সদৃশ ও আর একটী স্তম্ভাকার পাত্রের

উন্নতি যদি সমান হয়, তাহা হইলে উভয় পাত্র জলপূর্ণ করিলে উভয়েরই তলাতে সমান চাপ লাগিবেক। অথচ সূচ্যাকার পাত্রের অপেক্ষা স্তম্ভাকার পাত্রস্থ জলের পরিমাণ তিন গুণ অধিক। যে পাত্রে যত জল ধরে তাহার তলার উপর তত অধিক চাপ লাগে, এমত নহে। জলাদির চাপ তাহাদের উন্নতি সাপেক্ষ, পরিমাণ বা গুরুত্ব সাপেক্ষ নহে। জলাদির চাপ তাহাদের উন্নতি সাপেক্ষ, তাহাদের পরিমাণ কি আধার পাত্রের অকৃতি সাপেক্ষ নহে, ইহা নিম্নস্থ চিত্রের অনুরূপ যন্ত্রদ্বারা

পরীক্ষা করিয়া দেখা যাইতে পারে। কখগ বক্রীভূত নলের ক-নামক প্রান্তে ছ ও ঝ নামক দুইটী সমোচ্চ কিন্তু ভিন্নাকৃতি পাত্র স্থাপিত করিতে পারা যায়। কখগ নল

পারদ পূর্ণ করিলে যদি উহার অন্তর্গত পারদ এক দিকে ক ও অপর দিকে চ পর্য্যন্ত উন্নত হয় তাহা হইলে ছ পাত্রটী জল পূর্ণ করিলে গ অংশ স্থিত পারদ চ হইতে ঘ নামক কোন বিন্দু পর্য্যন্ত উন্নত হইয়া উঠিবে। এক্ষণে ছ পাত্রটী নামাইয়া ক-এর উপর ঝ পাত্রটী স্থাপন করিয়া যদি তাহাকে জলপূর্ণ কর তাহা হইলেও নলস্থিত পারদ পুনর্ব্বার সেই ঘ বিন্দু পর্য্যন্ত উন্নত হইয়া উঠিবে। সুতরাং স্বীকার করিতে হইবে যে উভয় কল্পেই পারদের উপর সমান চাপ পড়ে। অতএব প্রতীয়মান হইল জলাদির চাপ তাহাদের উন্নতি সাপেক্ষ, পরিমাণ বা আধার পাত্রের আকৃতি সাপেক্ষ নহে। যাহার তলা যত প্রশস্ত তাহার তলার উপর তত অধিক চাপ লাগিবে, ইহা নিতান্ত অসম্ভাবিত নহে। আরও দেখ, জলপূর্ণ করিলে কোন পাত্রের তলায় যে চাপ লাগে, পারদ পরিপূর্ণ করিলে তাহা অপেক্ষা অবশ্য অধিক চাপ লাগিবে। কেননা জল অপেক্ষা পারদের ঘনত্ব অধিক। ফলতঃ আধার পাত্রের তলার ক্ষেত্রফল, তলা হইতে জলাদির পৃষ্ঠদেশের উন্নতি ও তাহাদের ঘনত্বের তারতম্যানুসারে তলার উপর চাপের তারতম্য হইয়া থাকে।

১০৫। **তরলবস্তুর পৃষ্ঠদেশ সর্ব্বত্র সমতল।** কঠিন পদার্থের উপরিভাগ কোথাও উন্নত ও কোথাও অবনত হইতে পারে; কিন্তু তরল দ্রব্যের পৃষ্ঠদেশ সর্ব্বত্রই সমান উচ্চ। ভূপৃষ্ঠে যেরূপ কোথাও উন্নত গিরিশিখর, কোথাও বা গভীর গহ্বর নয়নগোচর হয়, সাগর পৃষ্ঠে সেরূপ কিছুই

দৃষ্ট হয় না। যদি কখন কোন কারণবশতঃ সাগরবারি কোন স্থানে কিঞ্চিৎ উচ্চ হইয়া উঠে তাহা হইলে অমনি পরক্ষণেই নিপতিত হইয়া সমতল ভাব ধারণ করে। কঠিনাবস্থায় আণবিক আকর্ষণ গুণে পরমাণুগণ পরস্পর পরস্পরের সহিত দৃঢ়রূপে আকৃষ্ট হইয়া থাকে। এই কারণ কোন কঠিন দ্রব্যের অংশ বিশেষ কিঞ্চিৎ উন্নত হইয়া উঠিলেও মাধ্যাকর্ষণ দ্বারা বিচ্ছিন্ন হইয়া নিম্নে পতিত হয় না। কিন্তু তরলাবস্থায় আণবিক আকর্ষণতাদৃশ প্রবল না হওয়াতে তরল বস্তুর পরমাণু সকল সহজেই বিচলিত হয়। এই নিমিত্ত কোন তরল বস্তুর যদি কোন ভাগ কিঞ্চিৎ উন্নত হইয়া উঠে তাহা হইলে পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ বশতঃ তাহাকে পুনরায় নিপতিত হইতে হয়। বস্তুতঃ সমোচ্চ থাকাই তরল পদার্থদিগের স্বাভাবিক ধর্ম্ম। জল "উঁচু নীচু" হওয়া অসম্ভব, ইহা সকলেই জ্ঞাত আছেন। এমন কি, যদি ভিন্ন ভিন্ন পাত্রেরও পরস্পর সংযোগ থাকে তবে তাহাদিগকে জলপূর্ণ করিলে সকল পাত্রেই জল সমান উন্নতি লাভ করে। প্রদত্ত চিত্র দৃষ্টে ইহা স্পষ্ট প্রতীতি হইবে।

স্র্যাবতীয় উৎস ও আর্ত্তয়ীয় কূপ এই সমোচ্চতা ধর্ম্মের

উত্তম দৃষ্টান্ত স্থল। কোন কোন প্রদেশে ভূগর্ভ হইতে নিয়ত উষ্ণ জল উত্থিত হয়, আর কোথাও বা আস্ফোটনী নামক যন্ত্র দ্বারা ভূপৃষ্ঠস্ফুটিত করিলে উৎসাকারে জল উঠিয়া থাকে। ফরাসী দেশীয় আর্ত্তয় প্রদেশে বহু কালাবধি এই রূপ কৃত্রিম উৎস বা কূপ খনন করা হইত বলিয়া ইহারা "আর্ত্তযীয় কূপ" নামে আখ্যাত হইয়াছে। এই সকল কূপ অত্যন্ত গভীর : পারী নগরে গ্রেনেল নামে একটী কূপ আছে তাহারগভীরতা প্রায় দুই সহস্র ফুট এবং তাহা হইতে প্রতি মিনিটে ফারেণহাইটের ৮২ অংশ প্রমাণ উষ্ণ ৮২মণ জল উত্থিত হয়।

যে সকল স্তরে আমাদিগের এই ভূপঞ্জর নির্ম্মিত হইয়াছে তাহাদের সকল গুলিতে জল প্রবেশ করিতে পারে না। বালুকাময় স্তরে প্রবেশ করে কিন্তু পঙ্কময় স্তরে কদাচ প্রবিষ্ট হইতে পারে না। এই নিমিত্ত, যদি

কোন স্থানের নিম্নে দুইটী পঙ্কময় স্তরের মধ্যস্থিত হইয়া একটী বালুকাময় স্তর অবস্থান করে আর ঐ স্থান অপেক্ষা যদি ঐ বালুকাময় স্তরের উর্দ্ধ দেশ উন্নত হয়, তাহা

হইলে তথায় মৃত্তিকা স্ফুটিত করিলে, বালুকাময় স্তরে যে জল প্রবেশ করিয়া পঙ্কময় স্তর দ্বারা আবদ্ধ হইয়া থাকে তাহা সমোচ্চতা ধর্ম রক্ষার্থে উৎসাকারে ছিদ্র দিয়া উত্থিত হয়।

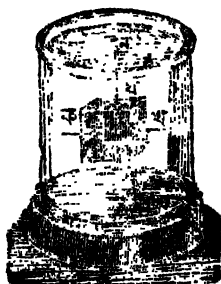
এই চিত্রের কক ও খখ দুইটী পঙ্কময় স্তর ও গগ একটী বালুকাময় স্তর। গগ স্তরের ঊর্দ্ধ দেশ চ-নামক স্থান হইতে উচ্চ। এই নিমিত্ত চ য়ের নিকটে ভূপৃষ্ঠ স্ফুটিত করিলে গগ-স্তরে যে জল প্রবেশ করিয়া কক ও খখ স্তর দ্বারা আবদ্ধ হইয়া থাকে তাহা সমোচ্চতা ধর্ম নিবন্ধন ছিদ্র দিয়া ঊর্দ্ধে উঠে।

এরূপ স্থলে, স্তরাবলীর মধ্যে কোন স্বাভাবিক ছিদ্র থাকিলেই উৎসের উৎপত্তি হয়। উৎস ও আর্ত্তযীয় কূপে কোন বিশেষ প্রভেদ নাই। যে ছিদ্র দিয়া উৎসের জল উৎসারিত হয় তাহা স্বাভাবিক; আর যদ্দ্বারা আর্ত্তযীয় কূপে জল উত্থিত হয় তাহা মনুষ্যকৃত। আমাদের দেশে সীতাকুণ্ড নামে যে সকল উষ্ণোৎস আছে, তাহারা এই প্রকারে উৎপন্ন হইয়াছে। যে উৎসের জল যত নিম্ন হইতে উত্থিত হয় তাহা তত উষ্ণ; কেননা ভূপৃষ্ঠ হইতে যে স্থানে যত গভীর সে স্থানের উষ্ণতাও তত অধিক হইয়া থাকে।

১০৬। **আর্কমীদিসের নিয়ম।** "কোন কঠিন বস্তুকে জলাদিতে মগ্ন করিলে তাহার সম আয়তন জলাদি স্থানান্তরিত হয় এবং ঐ স্থানান্তরিত জলাদির ভারের তুল্য বলে উহা উত্তাসিত হইয়া থাকে।"

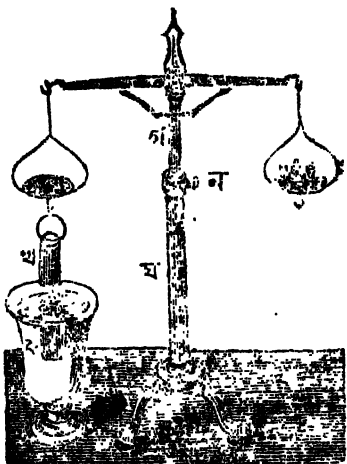
দুইটী জড়দ্রব্য কখনই এক সময়ে একস্থান অধিকার করিয়া থাকিতে পারে না। এই নিমিত্ত কোন দ্রব্যকে জলাদিতে মগ্ন করিলে তাহার সম আয়তন জলাদি স্থানান্তরিত হয়। আরও দেখ, স্থানান্তরিত জলাদিকে নিম্নস্থ জলাদি যে বলে ধারণ করিত, নিমগ্ন বস্তুটীকেও অবশ্য সেই বলে ধারণ করিবে। পরন্তু, স্থানান্তরিত জলাদিতে নিম্নস্থ জলাদি যে বলে ধারণ করিত তাহা ঐ স্থানান্তরিত জলাদির ভারের তুল্য, কেননা স্বীয় ভারের তুল্য বলে সমুদ্ধৃত না হইলে কখনই সাম্যাবস্থায় অবস্থিত হইয়া থাকিত না। সুতরাং স্থানান্তরিত জলাদির ভারের সমান বলে নিমগ্ন বস্তুও সমুত্তোলিত হইয়া থাকে। কিন্তু কোন বস্তুকে জলাদিতে মগ্ন করিলে তাহার সম আয়তন জলাদি স্থানান্তরিত হয়, অতএব নিমগ্ন বস্তু যে বলে উত্তোলিত হয় তাহা উহার সম আয়তন জলাদির ভারের তুল্য। এক্ষণে দেখ, নিমগ্নবস্তু স্বীয় ভারবশতঃ নিম্নে পতিত হইতে চায়, কিন্তু নিম্নস্থ জলাদি তাহার সম আয়তন জলের ভারের সমান বলে তাহাকে ঊর্দ্ধে তুলিয়া রাখিতে চেষ্টা করে। এই নিমিত্ত, জলাদিতে মগ্ন করিলে দ্রব্যাদির সম আয়তন জলাদির ভারের সমান ভার কম পড়ে। যে দ্রব্যের ভার ১০০০ গ্রেণ তাহাকে জলমগ্ন করিলে যদি ১ ঘন ইঞ্চি জল স্থানান্তরিত হয় তাহা হইলে জল মধ্যে তাহার ভার ১০০০—২৫২= ৭৪৮ গ্রেণ হইবে, কেননা ১ ঘন ইঞ্চি জল ২৫২ গ্রেণ ভারী।

বিবেচনা করিয়া দেখ, এক গ্লাস জলে যদি কোন সম চতুষ্কোন দ্রব্য লম্বভাবে নিমজ্জিত করা যায় তাহা হইলে তাহার ক ও খ সম্মুখীন পার্শ্ব দ্বয়ের উপর যে চাপ পড়িবে তাহারা পরস্পরকে ব্যর্থ করিবে। কিন্তু ঘ পৃষ্ঠ দেশে ও গ তলভাগের উপর ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ চাপ লাগিবে; ঘ পৃষ্ঠের উপর

যে জলরাশির চাপ পড়িতেছে তাহার বিস্তার ঘ ও উন্নতি ঘন এবং যে জল রাশির চাপ দ্বারা গ সমুদ্ধৃত হইতেছে তাহার বিস্তার গ ও উন্নতি গন। সুতরাং দ্রব্যটী যে প্রতিচাপ দ্বারা সমুদ্ধৃত হইতেছে তাহা এই দুয়ের বিয়োগ ফলের তুল্য। আর এই দুই চাপের বিয়োগ ফল যে দ্রব্যটীর সম আয়তন জলের ভারের সমান, ইহা বলা বাহুল্য মাত্র। অতএব দৃষ্ট হইতেছে, নিমজ্জিত দ্রব্য সকল স্ব স্ব সম আয়তন অপসারিত জলাদির ভারের তুল্য বলে উত্থাপিত হয়।

জলমগ্ন হইলে দ্রব্যাদির ভারের লাঘব হয়, নিম্নস্থ চিত্রের অনুরূপ তুলাদণ্ডের দ্বারা ইহা পরীক্ষা করিয়া দেখা যাইতে পারে।

এই তুলাদণ্ডের এক পাল্লার নিম্নে একটী স্তম্ভাকৃতি পিতলের পাত্র খ এবং খ এর নিম্নে খ-এর গর্ভদেশের সম আয়তন আর একটী নিরেট পিতল দণ্ড ক লম্বিত

করিয়া দিয়া অপর পাল্লায় বাটখারা চড়াইয়া তুলাদণ্ডের উভয় দিক সমান কর। তদনন্তর খ-কে জলে পরিপূর্ণ কর, তাহা হইলে খগএর অভিমুখে তুলাদণ্ড অবনত হইয়া পড়িবে। কিন্তু এক গ্লাস জল আনিয়া যদি তন্মধ্যে ক-কে নিমজ্জিত কর তাহা হইলে পুনরায় তুলাদণ্ডের সাম্যভাব

হইবে। অতএব প্রতীয়মান হইতেছে খ-কে জলপূর্ণ করাতে ভারের যতটুকু বৃদ্ধি হইয়াছিল ক-কে জলে নিমজ্জিত করাতে ঠিক তত টুকু হ্রাস হইল। পরন্তু খ-এর অভ্যন্তরস্থ জলের আয়তন ক এর সমান। অতএব দৃষ্ট হইতেছে ক-কে জলমগ্ন করিলে উহার যে ভারাপচয় হয় তাহা উহার সমআয়তন জলের ভারের সমান। সুতরাং স্বীকার করিতে হইবে, কঠিন বস্তু সকলকে জলাদিতে মগ্ন করিলে তাহাদের যে ভারাপচয় হয় তাহা তাহাদের স্ব স্ব সম আয়তন জলের ভারের সমান।

খ্রীষ্টীয় শতাব্দীর ২৩০ বৎসর পূর্ব্বে আর্কমীদিস নামক একজন প্রাচীন পণ্ডিত এই নিয়মের আবিষ্কার করেন। কথিত আছে, সীরাকুজ নগরে হীরো নামে এক জন নর-

পতি ছিলেন। তিনি একদা কোন স্বর্ণকারকে একটী স্বর্ণমুকুট নির্ম্মাণ করিতে আদেশ করেন। কিয়দ্দিবস পরে স্বর্ণকার একটী স্বর্ণমুকুট হস্তে লইয়া রাজসভায় সমুপস্থিত হইল। তখন রাজা স্বীয় সভাপণ্ডিত আর্কমীদিসকে সম্বোধন করিয়া কহিলেন, যাহাতে এই মুকুটের অনুপম শোভার কোন হানি না হয় অথচ ইহা বিশুদ্ধ স্বর্ণ নির্ম্মিত কি না তাহা নিশ্চয় জানিতে পারা যায় আপনি তাহার উপায় বিধান করুণ"। ভূপতি কর্ত্তৃক এইরূপ অভিহিত হইয়া আর্কমীদিস ইহার উপায় অনুসন্ধানে প্রবৃত্ত হইলেন। অনন্তর এক দিবস স্নানার্থে স্নানাগারে প্রবেশ পুরঃসর যখন জলাধারে অবগাহন করেন, তখন দেখিতে পাইলেন জলাধার হইতে জল উচ্ছ্বসিত হইয়া পড়িতেছে। তিনি ভাবিলেন জল মধ্যে আমার শরীর প্রবিষ্ট হওয়াতেই অবশ্য আমার আয়তন প্রমাণ জল স্থানান্তরিত হইতেছে। আরও তাঁহার অনুভব হইল যেন নিম্নস্থ জলে তাঁহাকে ঠেলিয়া তুলিতেছে। তিনি মনে করিলেন নিম্নস্থ জলে স্থানান্তরিত জলকে যে বলে ধারণ করিত, আমার শরীরকেও অবশ্য সেই বলে ঊর্দ্ধে তুলিতে চেষ্টা করিতেছে। এই নিমিত্ত আমার শরীরের ভার এত কম বোধ হইতেছে। এই রূপ, অন্যান্য দ্রব্যকে জলমগ্ন করিলে তাহাদের সম আয়তন জল স্থানান্তরিত হয় এবং তাহাদেরও স্থানান্তরিত জলের ভারের সমান ভার কম পড়ে। অতএব রাজমুকুটকে জলমগ্ন করিলে কত খানি জল অপসারিত হয় ও তাহার ভারের বা কত

লাঘব হয় তাহা দেখিয়া উহা বিশুদ্ধ স্বর্ণনির্ম্মিত কি না তাহা বলিতে পারা যাইবে। তখন তিনি রাজকীয় প্রশ্ন সমাধানের সুচারু পন্থা প্রাপ্ত হইলাম এই ভাবিয়া আহ্লাদে উন্মত্ত প্রায় হইয়া নগ্নবেশেই স্নানাগার হইতে বহির্গত হইয়া "পেয়েছি, পেয়েছি" বলিয়া নৃত্য করিতে লাগিলেন।

১০৭। নিমজ্জিত ও ভাসমান দ্রব্যের সাম্যাবস্থার নিয়ম। যে বস্তুর ভার সমায়তন জলাদির সমান তাহাকে নিমগ্ন করিয়া দিলে স্থির হইয়া থাকে। মৎস্যাদি জলচর জীব শরীরের ভার সম আয়তন জলের সমান; এই নিমিত্ত উহারা জলমধ্যে অবস্থিতি করিতে সমর্থ হয়। যে দ্রব্যের গুরুত্ব সম আয়তন জলাদির অপেক্ষা অধিক, তাহা জলাদিতে ডুবিয়া যায়; আর যে বস্তুর ভার সমায়তন জলাদির অপেক্ষা অল্প তাহাকে নিমগ্ন করিয়া দিলেও তৎক্ষণাৎ ভাসিয়া উঠে। প্রস্তর, সম আয়তন জল অপেক্ষা ভারী এই নিমিত্ত জলমধ্যে উহা ডুবিয়া যায়; কাষ্ঠ, সম আয়তন জল অপেক্ষায় লঘু বলিয়া উহাতে ভাসিতে পারে; লৌহ জল অপেক্ষায় ভারী কিন্তু পারদ অপেক্ষায় লঘু, এই নিমিত্ত জলে মগ্ন হইলেও পারদে উদ্ভাসিত হইয়া থাকে। নদীর জল অপেক্ষা সমুদ্র জল ভারী, এই নিমিত্ত, কোন কোন দ্রব্য সমুদ্রজলে ভাসে কিন্তু নদীর জলে ডুবিয়া যায়। পক্ষীর ডিম্ব লবণাক্ত জলে ভাসিতে পারে কিন্তু বিশুদ্ধ জলে মগ্ন হইয়া যায়। নৌকাদির ভার সম আয়তন জলের অপেক্ষা

অল্প বলিয়া উহারা ভাসিয়া থাকে। নৌকা ও তন্মধ্যস্থ দ্রব্যজাতের ভার স্থানান্তরিত জলের সমান। জল অপেক্ষায় যে দ্রব্য যত লঘু তাহার আয়তনের তত অল্প ভাগ জলে মগ্ন হয়। কেননা তাহার ভার তত অল্প আয়তন জলের তুল্য। যত দূর মগ্ন না হইলে তুল্য ভার বিশিষ্ট জলাদি স্থানান্তরিত না হয়, লঘু দ্রব্যের আয়তনের ততদূর জলাদিতে মগ্ন হইয়া থাকে। পরন্তু ভাসমান দ্রব্যের ভার অপসারিত জলাদির সমান এবং উহার ভারকেন্দ্র অপসারিত জলাদির ভারকেন্দ্রের সহিত একই লম্ব রেখাক্রমে অবস্থিত না হইলে উহা কখনই স্থির হইয়া ভাসিতে পারে না। কারণ ভাসমান দ্রব্যস্থলে দ্বিবিধ বলের কার্য্য হইয়া থাকে; স্ব স্ব ভার বশতঃ স্ব স্ব ভাসমান দ্রব্যসকল ভারকেন্দ্রের নিম্ন দিকে আকৃষ্ট হয় এবং জলাদির প্রতিচাপ দ্বারা অপসারিত জলাদি ভার কেন্দ্রের ঊর্দ্ধ দিকে সমুত্তাসিত হয়; সুতরাং উহাদের ভার এবং জলাদির প্রতিচাপ সমান ও প্রতিমুখে কার্য্য-কারী না হইলে সাম্যাবস্থা হওয়া সম্ভাবিত নহে।

১০৭। আপেক্ষিক গুরুত্ব। আয়তন সমান হই-লেও ভার সামান হয় না। এক ঘন ইঞ্চি লৌহ অপেক্ষায় এক ঘন ইঞ্চি প্লাটিনম্ প্রায় তিন গুণ ভারী। যে পাত্রে ১ সের জল ধরে, তাহাতে ১৩.৫ সের পারদ থাকিতে পারে। সুতরাং জল অপেক্ষা পারদ ১৩.৫ গুণ ভারী বলিতে হইবে। সম আয়তন সম্পন্ন ভিন্ন ভিন্ন দ্রব্যের গুরুত্বের যে সম্বন্ধ তাহাকে "আপেক্ষিক গুরুত্ব" বলে। যে সংখ্যা

দ্বারা কোন নির্দ্দিষ্ট বস্তুর ১ আয়তনের ভার অপেক্ষা অন্য একটী বস্তুর ১ আয়তনের ভার কত অধিক কি কম অল্প, ইহা জানিতে পারা যায়, তাহাই উহার আপেক্ষিক গুরুত্বের পরিমাণ। লৌহের সহিত তুলনায় প্লাটিনমের আপেক্ষিক গুরুত্ব ৩ ও জলের সহিত তুলনায় পারদের আপেক্ষিক গুরুত্ব ১৩.৫। সচরাচর সম আয়তনের বিশুদ্ধ জলের গুরুত্বকে একক ধরিয়া যাবতীয় কঠিন ও তরল দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপিত হয়। সম আয়তনের জল, লৌহ, সীসক, স্বর্ণ, প্লাটিনম্ প্রভৃতি দ্রব্যের গুরুত্ব তুলনা করিলে দেখিতে পাওয়া যায় যে জল অপেক্ষা লৌহ ৭.৮ গুণ, সীসক ১১.৫ গুণ, স্বর্ণ ১৯ ও প্লাটিনম্ ২১.৫ গুণ ভারী। অতএব জলের সহিত তুলনায় লৌহের আপেক্ষিক গুরুত্ব ৭.৮ সীসকের ১১.৫, স্বর্ণের ১৯ ও প্লাটিনমের ২১.৫।

যে রূপ জলের সহিত তুলনা করিয়া যাবতীয় কঠিন ও তরল বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপন করা যায়, সেই রূপ বাতাসের আপেক্ষিক গুরুত্বকে ১.০০০ অঙ্ক দ্বারায় নির্দ্দেশ করিয়া বায়বীয় পদার্থদিগের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপিত হইয়া থাকে। নিম্নে কয়েকটি বায়বীয় বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব লিখিত হইল।

বাতাস	১.০০০
অম্লজান	১.১০৫৭
যবক্ষারজান	.৯৭২
অঙ্গান	.০৬৯২

১০৮। যাহার আয়তনের পরিমাণ আ, ও আপেক্ষিক গুরুত্বের পরিমাণ গ, তাঁহার ভার ভা = আগ।

যাহার আপেক্ষিক গুরুত্বের পরিমাণ গা, অর্থাৎ নির্দ্দিষ্ট বস্তুর আয়তনের ভার অপেক্ষা যাহার ১ আয়তনের ভার গ গুণ অধিক, তাহার আ আয়তনে ভার অবশ্য নির্দ্দিষ্ট বস্তুর আয়তনের ভার অপেক্ষা আ × গ গুণ অধিক অতএব যাহার আপেক্ষিক গুরুত্ব গ তাহার আ আয়তনের ভার = আ × গ।

ইহার তাৎপর্য্য এই যে, যদি কোন নির্দ্দিষ্ট বস্তুর ১ আয়তনের ভার ভারের একক হয়, তাহা হইলে প্রস্তাবিত বস্তুর আ-আয়তনের ভার ভা = আগ × নির্দ্দিষ্ট বস্তুর ১ আতয়নের ভার হইবে। ভা = আগ, এই সূত্র দ্বারা গ যাহার গুরুত্ব তাহার আ আয়তনের ভার নির্দ্দিষ্ট বস্তুর আয়তনের ভার হইতে কত অধিক কি কত কম এই মাত্র জানিতে পারা যায়। প্রস্তাবিত বস্তুর আ-আয়তনের ভার কত সের, কত ছটাক কি কত তোলা তাহা নিরূপণ করিতে হইলে নির্দ্দিষ্ট বস্তুর ১ আয়তনের ভার যত সের যত ছটাক তাহাকে আগ দিয়া গুণ করিতে হয়।

যদি ১ ঘন ফুট জলের ভার ভারের একক হয়, তাহা হইলে প্রস্তাবিত বস্তুর আয়তনের ভার ভা = আগ × ১ ঘন ফুট জলের ভার = আগ × ১০০০ আউন্স।

স্বর্ণের আপেক্ষিক গুরুত্ব ১৯, অর্থাৎ ১ঘন ফুট জল অপেক্ষা ১ঘন ফুট স্বর্ণ ১৯ গুণ ভারী। অতএব ২ ঘন

ফুট স্বর্ণের ভা= আগ=২+১৯= ৩৮, অর্থাৎ ১ঘন ফুট জল অপেক্ষা ২ ঘন ফুট স্বর্ণ ৩৮ গুণ ভারী। কিন্তু ১ ঘন ফুট জলের ভার = ১০০০ আউন্স, অতএব ২ ঘন ফুট স্বর্ণের ভার = আগ+১০০০ আউন্স = ৩৮০০০ আউন্স = ১৯০০০ ছটাক; ∵ (১ আউন্স=½ ছটাক)।

অতএব দেখা যাইতেছে, কোন বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্বের সংখ্যাকে যদি ৫০০ দিয়া গুণ করা যায়, তাহা হইলে ঐ বস্তুর ১ ঘন ফুটের ভার কত ছটাক তাহা জানা যাইতে পারে। ২, ৩ ৪, ৫ ইত্যাদি ঘন ফুটের ভার জানিতে হইলে ২, ৩, ৪, ৫ ইত্যাদি সংখ্যা দ্বারা ৫০০ × গ-কে গুণ করিতে হয়। আরও দেখ, ১ ঘন ফুটের ভার জানিতে পারিলে ১ ঘনইঞ্চি প্রভৃতিরও ভার অনায়াসে জানা যাইতে পারে।

১০৯। যে সকল দ্রব্য, তুলাদণ্ড দ্বারা ওজন করিলে সমতুল বলিয়া প্রতীয়মান হয়, তাহাদিগকে সম সামগ্রী সম্পন্ন বলা যায়। যদি কোন দ্রব্যকে সম আয়তন সম্পন্ন কতকগুলি সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম অংশে বিভক্ত করিলে সেই অংশ গুলির সামগ্রী সমান হয়, তাহা হইলে সেই দ্রব্যকে সমঘন বা সমসান্দ্র বলা যায়। সমসান্দ্র দ্রব্যের এক আয়তনের সামগ্রী পরিমাণকে তাহার সান্দ্রতা বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়।

সুতরাং যদি কোন সমসান্দ্র দ্রব্যের সামগ্রী পরিমাণ সা, আয়তন আ ও সান্দ্রতা ঘা হয়, তাহা হইলে সা = আ ঘা।

এইরূপ, সমসান্দ্র দ্রব্যের সামগ্রী সা´, আয়তন আ´ ও সান্দ্রতা ঘা´, তাহার সামগ্রী সা´ = আ´ ঘা´। অতএব ঘা : ঘা´ : : সা : সা´। সুতরাং প্রতীয়মান হইতেছে, সম আয়তন সম্পন্ন ভিন্ন ভিন্ন দ্রব্যের সান্দ্রতা ও সামগ্রীর অনুতাপ সমান। ১ আয়তন জলের সান্দ্রতাকে সান্দ্রতার একক স্বরূপ কল্পনা করিয়া যাবতীয় দ্রব্যের সান্দ্রতার পরিমাণ প্রকাশ করা যায়। ১ ঘন ফুট জল অপেক্ষা ১ ঘন ফুট স্বর্ণ ১৯ গুণ অধিক সামগ্রীবিশিষ্ট এই নিমিত্ত স্বর্ণের আপেক্ষিক সান্দ্রতা ১৯। আরও উক্ত হইয়াছে, স্বর্ণের আপেক্ষিক গুরুত্ব ১৯। অতএব দৃষ্ট হইতেছে, সম আয়তন জলের সহিত তুলনা করিলে অন্যান্য দ্রব্যের আপেক্ষিক সান্দ্রতা ও আপেক্ষিক ভার একই অভিন্ন রাশি দ্বারা প্রকাশিত হয়। যাহার আপেক্ষিক গুরুত্ব ২১.৫, তাহার আপেক্ষিক সান্দ্রতাও ২১.৫, কেননা সম আয়তন জল অপেক্ষা যে বস্তু ২১.৫ গুণ ভারী, তাহার সামগ্রীও তদপেক্ষা ২১.৫ গুণ অধিক। এই হেতু আপেক্ষিক সান্দ্রতা না বলিয়া সচরাচর আপেক্ষিক গুরুত্বের উল্লেখ করা যায়। আপেক্ষিক গুরুত্ব ও আপেক্ষিক সান্দ্রতা যথাক্রমে সম আয়তন বিশিষ্ট ভিন্ন ভিন্ন দ্রব্যের ভার ও সামগ্রীর অনুতাপ বই আর কিছুই নহে। পরন্তু সম আয়তন সম্পন্ন ভিন্ন ভিন্ন দ্রব্যের ভার ও সামগ্রীর অনুতাপ সর্ব্বদাই সমান, কেননা আয়তন সমান হইলে যাহার যে রূপ ভার, তাহার সামগ্রীও তদনুরূপ হইয়া থাকে। অতএব আপেক্ষিক গুরুত্ব ও আপেক্ষিক সান্দ্রতা

যে একই অভিন্ন রাশিদ্বারা ব্যক্ত হইবে, ইহা বলিবার অপেক্ষা কি।

গতিবিজ্ঞানে প্রতিপাদিত হইয়াছে,

$$ভা = সামা,$$

এক্ষণে উপপন্ন হইল, সা = আঘা ;

$$অতএব\ ভা = আঘামা।$$

অর্থাৎ যাহার আয়তন আ, সান্দ্রতা ঘা, তাহার ভার আঘামা সংখ্যক ভারের এককের তুল্য। সুতরাং যাহার আ = ১ ও ঘা = ১, তাহার ভার মা সংখ্যক ভারের এককের সমান। অতএব যাহার আয়তন ১ ও সান্দ্রতা ১ তাহার ভারের মা ভাগের ১ ভাগ ভারের একক। অতএব ১ ঘন ফুট জলের সান্দ্রতাকে যদি সান্দ্রতার একক বলিয়া কল্পনা করা যায় তাহা হইলে ১ ঘন ফুট জলের ভারের মা ভাগের ১ ভাগ আমাদিগের ভারের একক হইবে। ১ ঘন ফুট জলের ভার = ১০০০ আউন্স, অতএব $\frac{১০০০\ আউন্স}{মা}$ = ভারের একক। সুতরাং যাহার আয়তন আ ও সান্দ্রতা ঘা, তাহার ভার ভা = আঘামা × $\frac{১০০০\ আউন্স}{মা}$।

অনেকে এরূপ মনে করিলেও করিতে পারেন যে,

$$ভা = আগ$$

$$এবং\ ভা = অ\text{-}ঘামা$$

$$\therefore\ আঘামা = আগ।$$

বাস্তবিক কিন্তু তাহা নহে; অনুধাবন করিলা দেখিলেই বোধ হইবে,

আঘাদা × স্বীয় ভারের একক = আগ × স্বীয় ভারের একক।

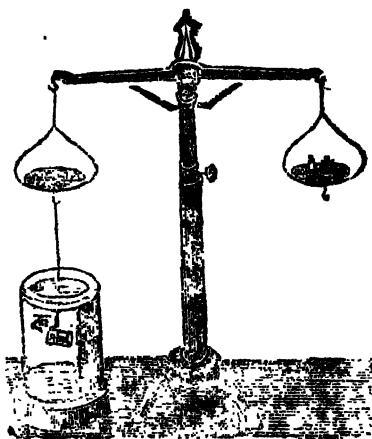
∴ আঘাদা × $\frac{\text{একক সান্দ্রতা সম্পন্ন বস্তুর ১ আয়তনের ভার}}{\text{ঘা}}$

= আগ × একক আ. গুরুত্বসম্পন্ন বস্তুর ১ আয়তনের ভার

অতএব একই অভিন্ন বস্তুর ১ আয়তনের সামগ্রী ও ভারকে যদি সান্দ্রতা ও আপেক্ষিক গুরুত্বের একক বলিয়া কল্পনা করা যায় তাহা হইলে, ঘা = গ।

১১০। আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ। "কোন কঠিন বস্তুকে জলমগ্ন করিলে তাহার যে ভার কম পড়ে তাহা সম আয়তন জলের ভারের সমান" এই নিয়ম অবলম্বন করিয়া দ্রব্যাদির আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ করা যাইতে পারে।

১১১। বারিমাপক তুলাদণ্ড দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ; ১মতঃ জল অপেক্ষা ভারীদ্রব্যের। সমায়তনের বিশুদ্ধ জলের ভার দ্বারায় কোন বস্তুর ভারকে ভাগ করিলে তাহার আপেক্ষিক গুরুত্ব জানা যায়। এই নিমিত্ত কোন বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব স্থির করিতে হইলে তাহার এবং তাহার সম আয়তন জলের ভার জানা আবশ্যক। সচরাচর যে প্রকারে তুলাদণ্ডের দ্বারা দ্রব্যাদির ভার নিরূপিত হইয়া থাকে সেই প্রকারে ওজন করিলে প্রস্তাবিত বস্তুর ভার জানিতে পারা

যায় এবং জলমগ্ন করিলে যে ভার কম পড়ে বারি-মাপক তুলাদণ্ড দ্বারা তাহা স্থির করা যাইতে পারে কিন্তু কোন বস্তুকে জলমগ্ন করিলে যে ভার কম পড়ে তাহা অপসারিত জলের ভারের সমান। আরও দেখ কোন বস্তুকে জলমগ্ন করিলে তাহার সম আয়তন জল স্থানান্তরিত হয়। অতএব কোন বস্তুকে জলমগ্ন করিলে যে ভার কম পড়ে তাহা উহার সমআয়তন জলের ভারের সমান। সুতরাং কোন বস্তুকে বারিমাপক তুলাদণ্ডসহকারে জলমগ্ন করিয়া ওজন করিলে যে ভারাপচয় হয় তদ্দ্বারা তাহার ভারকে ভাগ করিলে তাহার আপেক্ষিক গুরুত্ব অবধারিত হইতে পারে।

উদাহরণ—একখণ্ড লৌহকে বায়ুতে ওজন করিলে ৪৬০ গ্রেণ ও জলে ওজন করিলে ৪০১.১৬ গ্রেণ ভারী হয়। অতএব জলমগ্নাবস্থায় উহার ভার ৪৬০—৪০১.১৬ = ৫৮.৮৪ গ্রেণ কম পড়ে। ∴ উহার সমায়তন জলের ভার ৫৮.৮৪ গ্রেণ। সুতরাং লৌহের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{৪৬০}{৫৮.৮৪} =$ ৭.৮।

সাধারণতঃ, যদি কোন বস্তুকে বায়ুতে ওজন করিলে তাহার ভারের পরিমাণ ভা হয় এবং জলমগ্ন করিলে যে ভার কম পড়ে তাহার পরিমাণ ভা´ হয়, তাহা হইলে উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব = $\frac{\text{ভা}}{\text{ভা}'}$ হয়।

২য়তঃ জল অপেক্ষা লঘু দ্রব্যের। যে বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব স্থির করিতে হইবে তাহা যদি জল অপেক্ষা লঘু হয়, তাহা হইলে অন্য কোন গুরু বস্তুর সহিত সংযুক্ত করিয়া জলমগ্ন করিলে উভয়ের যে ভার কম পড়ে তাহা হইতে ঐ গুরু বস্তুটীর জলমগ্নাবস্থার ভারাপচয় বিয়োগ করিলে ঐ লঘু বস্তুর সমআয়তন জলের ভার অবধারিত হইবে। অতএব কোন লঘু বস্তুর ভারকে যদি এই দুই ভারাপচয়ের বিয়োগ ফলদ্বারা ভাগ করা যায় তাহা হইলে তাহার আপেক্ষিক গুরুত্ব জানা যাইতে পারে।

উদাহরণ। কোন বস্তুকে বায়ুতে ওজন করিলে তাহার ভার ২০০ গ্রেণ হয়। একখণ্ড তাম্রের সহিত যুক্ত করিয়া বায়ুতে ওজন করিলে ২২৪৭ গ্রেণ এবং জলে ওজন করিলে ১৬২০ গ্রেণ ভারী বোধ হয়। অতএব জলমগ্ন করিলে উভয়ের ভারাপচয়ের পরিমাণ ২২৪৭—১৬২০=৬২৭; সংসৃষ্ট তাম্রকে জলে ওজন করিলে তাহার ভার ২৩০ গ্রেণ কম পড়ে। অতএব জলমধ্যে প্রস্তাবিত বস্তুর ভার ৬২৭—২৩০=৩৯৭ গ্রেণ কম পড়ে। ∴ সম আয়তন জলের ভার ৩৯৭ গ্রেণ এবং প্রস্তাবিত বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব = $\frac{২০০}{৩৯৭}$ = .৫০৪।

সাধারণতঃ, প্রস্তাবিত বস্তুর ভার যদি ভা হয় আর ভা$_১$ ও ভা$_২$ যদি যথাক্রমে উভয় দ্রব্যের ও কেবল সংসৃষ্ট দ্রব্যের জলমগ্নাবস্থার ভারাপচয়ের পরিমাণ বুঝায়, তাহা হইলে ভা$_১$—ভা$_২$ প্রস্তাবিত বস্তুর ভারাপচয়ের পরিমাণ বুঝাইবে। আর উহার আ. গুরুত্ব $= \frac{ভা}{র্ভা} = \frac{ভা}{ভা_১—ভা_২}$ হইবে।

৩য়তঃ তরল দ্রব্যের। বারিমাপক তুলাদণ্ড দ্বারা তরল বস্তুদিগেরও আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপিত হইতে পারে।

কোন তরল বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইলে কোন কঠিন বস্তুকে বিশুদ্ধ জলে মগ্ন করিলে যে ভার কম পড়ে তদ্দারা প্রস্তাবিত তরল বস্তুতে ঐ কঠিন বস্তুর যে ভারাপচয় হয় তাহাকে ভাগ করিলে সমআয়তনের বিশুদ্ধ জল অপেক্ষা প্রস্তাবিত বস্তু কত গুরু কি কত লঘু অর্থাৎ উহার আপেক্ষিক গুরুত্বের পরিমাণ কত, তাহা নিরূপিত হইবে।

উদাহরণ। জলমগ্ন করিলে কোন বস্তুর ভার ২.৯৯১০ গ্রেণ কম পড়ে এবং সুরাসারে নিমজ্জিত হইলে ২.৪০৮১০ গ্রেণ কম পড়ে। অতএব সুরাসারের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{২.৪০৮১}{২.৯৯১০} =$.৮০৫১১ বলিতে হইবে।

সাধারণতঃ, প্রস্তাবিত তরল বস্তুতে নিমগ্ন করিলে যদি

কোন কঠিন দ্রব্যের ভারাপচয় ভা হয় ও বিশুদ্ধ জলে নিমগ্ন করিলে যদি উহার ভারাপচয় ভা´ হয় তাহা হইলে

$$\text{প্রস্তাবিত তরল বস্তুর আঃ গুরুত্ব} = \frac{\text{ভা}'}{\text{ভা}'}$$

১১২। কূপীদ্বারা তরলও চূর্ণ দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ। তরল বস্তুদিগের আপেক্ষিক গুরুত্ব অন্যথাও নিরূপিত হইতে পারে। মনে কর, যে তরল বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব স্থির করিতে হইবে তদ্দ্বারা কোন পাত্র পরিপূর্ণ করিতে হইলে যদি তাহার ভা পরিমিত ভার লাগে এবং বিশুদ্ধ জলদ্বারা ঐ পাত্র পূর্ণ করিতে যদি ভা´ পরিমিত ভারী জল লাগে; তাহা হইলে প্রস্তাবিত তরল বস্তুর আপেক্ষিক

গুরুত্ব $= \frac{\text{ভা}}{\text{ভা}'}$ হইবে। এক প্রকার কূপী আছে, তদ্দ্বারা এই প্রণালী অবলম্বন করিয়া তরলবস্তুদিগের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ করিতে পারা যায়। ঐরূপ কূপীকে আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপক কূপী বলে।

চূর্ণ বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্বও এই কূপী দ্বারা স্থির করা যাইতে পারে।

১১৩। বারিমাণ যন্ত্রদ্বারা দ্রব দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ। এক প্রকার যন্ত্র দ্বারা তরল বস্তু দিগের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপিত হইয়া থাকে। ঐ যন্ত্রের নাম বারিমাণ যন্ত্র। এ স্থলে একটী বারিমাণ যন্ত্রের প্রতিকৃতি দেওয়া গেল।

কোন তরল বস্তুতে মগ্ন করিলে ইহা উদ্ভাসিত হইয়া থাকে এবং যে তরল বস্তু যত গুরু তাহাতে ইহার তত অল্প ভাগ নিমগ্ন হয়। এই যন্ত্র দ্বারা কোন্ বস্তুর কত খানি অপসারিত হয় তাহা অনায়াসে বলা যাইতে পারে। এক্ষণে দেখ ভাসমান বস্তুর ভার অপসারিত জলাদির সমান। অতএব দেখা যাইতেছে ভিন্ন ভিন্ন দ্রব্যে মগ্ন করিলে যে দ্রব্যের যত খানি অপসারিত হয় তাহার ভার এই যন্ত্রের ভারের সমান। কিন্তু যাহাদিগের ভার সমান তাহাদিগের মধ্যে যাহার আয়তন যত অল্প তাহার আপেক্ষিক গুরুত্ব তত অধিক; কেননা নিরপেক্ষ ভার সমান হইলে আপেক্ষিক ভার আয়তনের সহিত বিলোম ভাবে পরিবর্ত্তিত হয়। অতএব এইরূপ কোন বারিমাণ যন্ত্র দ্বারা বিশুদ্ধ জলের অপসারিত আয়তনকে প্রস্তাবিত তরল বস্তুর অপসারিত ভাগের আয়তন দিয়া ভাগ করিলে ঐ বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপিত হইবে।

উদাহরণ। যদি এবম্বিধ কোন বারিমাণ যন্ত্র এক প্রকার তরল দ্রব্যে ঙ এবং অন্য এক প্রকার তরল দ্রব্যে ঘ পর্য্যন্ত নিমগ্ন হয়, আর যদি সমুদয় যন্ত্রের ভার ৪০০০ গ্রেণ এবং কঙ ও কঘ অংশের ভার ৩০ ও ৫০ গ্রেণ হয়, তাহা হইলে, প্রথমটির আ, গু : ২য়টীর আ, গু = ৪০০০ : ৫০ — ৪০০০ — ৩০ = ৩৯৫০ : ৩৯৭০।

১১৪। মিশ্র দ্রব্যের আ. গুরুত্ব। যদি কোন মিশ্র দ্রব্যের উপাদান গুলির আয়তন $\text{আ}_১$, $\text{আ}_২$, $\text{আ}_৩$,... এবং আ. গুরুত্ব, $\text{গ}_১$, $\text{গ}_২$, $\text{গ}_৩$ ... হয়, আর যদি মিশ্রণ বশতঃ আয়তনের সঙ্কোচ না হয়, তাহা হইলে মিশ্র পদার্থের আয়তন $\text{আ} = (\text{আ}_১ + \text{আ}_২ + \text{আ}_৩ + \ldots)$ এবং $\text{ভার} = \text{আগ} = \text{আ}_১ \text{গ}_১ + \text{আ}_২ \text{গ}_২ + \text{আ}_৩ \text{গ}_৩ +$

$$\therefore \text{আ. গুরুত্ব গ} = \frac{\text{আ}_১ \text{গ}_১ + \text{আ}_২ \text{গ}_২ + \text{আ}_৩ \text{গ}_৩ + \ldots}{\text{আ}_১ + \text{আ}_২ + \text{আ}_৩ +}$$

২য় পরিচ্ছেদ।

বায়ুবিজ্ঞান।

বায়বীয় বস্তুর ধর্ম্ম।

১১৫। যে শাস্ত্র অধ্যয়ন করিলে বায়বীয় বস্তুর গুণ অবগত হওয়া যায়, তাহার নাম বায়ু বিজ্ঞান।

রসায়ন শাস্ত্রে যে কয়েকটী বায়বীয় দ্রব্যের উল্লেখ আছে তন্মধ্যে অম্লজান, অজান, যবক্ষারজান ও হরিৎ বায়ু মূল পদার্থ মধ্যে পরিগণিত; তদ্ভিন্ন আর সমস্ত বায়বীয় দ্রব্যই যৌগিক অথবা মিশ্র পদার্থ। অম্লজান অজান, যবক্ষারজান ও অনিলকে এপর্য্যন্ত কেহ তরল করিতে পারেন নাই। এই চারিটী ভিন্ন আর সমুদায় বায়বীয় দ্রব্যেরই তরলাকার এবং এমন কি, কোন কোনটীর কঠিনাকার পর্য্যন্ত দৃষ্ট হইয়াছে। যে সকল বস্তু সামান্যতঃ

তরল ভাবে থাকে তাহাদিগকে উত্তপ্ত করিলে এক প্রকার বায়ুবৎ দ্রব্যের উৎপত্তি হয়। ঐ সকল বায়ুবৎ দ্রব্যকে বাষ্প বলে। বাষ্প ও বায়ুতে কোন বিশেষ প্রভেদ নাই, বাষ্পের বায়ব্য ভাব নৈমিত্তিক আর বায়ুদিগের স্বাভাবিক। বাষ্পীয় বস্তুকে শীতল করিয়া সহজেই তরল করা যাইতে পারে, কিন্তু বায়ুদিগকে তরলাবস্থায় পরিণত করা তাদৃশ সহজ নহে। জলকে উত্তপ্ত করিলে যে বায়ুবৎ দ্রব্যের উৎপত্তি হয়, তাহাকে জলীয় 'বাষ্প' বলে। কিন্তু উহাকে বিশ্লিষ্ট করিলে যে দুইটী বায়বীয় দ্রব্য জন্মে তাহাদিগকে আমারা 'বায়ু' বলি, কেননা তাহাদিগের বায়বীয় ভাব স্বাভাবিক। অম্লজান ও অজ্ঞান 'বায়ু' সংযোগে জলীয় 'বাষ্প' জন্মে এবং ঐ বাষ্প শীতল হইলেই জল হয়।

বায়বীয় অবস্থায় আণবিক বিপ্রকর্ষণের পরাক্রম সমধিক প্রবল হওয়াতে বায়ুদিগের পরমাণু সকল পরস্পরকে দূরীকৃত করে। এই কারণ, বায়ুমাত্রেই অতিশয় প্রসারণীয়। কঠিন ও দ্রব দ্রব্য সকল স্ব স্ব আয়তন প্রমাণ স্থান ব্যাপিয়া অবস্থিতি করে; কিন্তু বায়বীয় দ্রব্য মাত্রেই প্রসারিত হইয়া আধার পাত্রের সর্ব্ব প্রদেশে ব্যাপ্ত হয়। এক ঘনফুট মাত্র কোন বায়বীয় দ্রব্যে শত, সহস্র ও এমন কি, লক্ষ ঘনফুট প্রমাণ স্থান পরিব্যাপ্ত হইতে পারে। অনেকগুলি বায়ুকে এক পাত্রে রাখিলেও ইহার অন্যথা হয় না। নানাবিধ তরল বস্তুকে এক পাত্রে রাখিলে উহারা স্ব স্ব আপেক্ষিক গুরুত্বের হীনতা-

নুসারে উপর্য্যুপরি অবস্থিত হয়। পারদ অপেক্ষায় জল লঘু এবং জল অপেক্ষায় তৈল লঘু, এই নিমিত্ত পারদ জল ও তৈলকে এক পাত্রে রাখিলে পারদ সকলের নিম্ন, জল মধ্যে ও তৈল সকলের উপরে অবস্থিত হইয়া থাকে। কিন্তু দুই তিন বা তদধিক বায়বীয় বস্তুকে এক পাত্রে রাখিলে, তাহাদের আপেক্ষিক গুরুত্ব যেরূপ হউক, প্রসারণীতা ধর্ম্মবশতঃ তাহারা প্রসারিত হইয়া ঐ পাত্রের সর্ব্বাংশে ব্যাপ্ত হয়। ভিন্ন ভিন্ন বায়ুপূর্ণ দুইটী পাত্রের যদি পরস্পরের সহিত সংযোগ থাকে তাহা হইলেও এই ধর্ম্ম নিবন্ধন এক পাত্রস্থ বায়ু অপর পাত্রে প্রবেশ করে।

বায়বীয় বস্তু মাত্রেই অতিশয় আকুঞ্চনীয়। একারণ কোন বায়ুর উপর যত চাপ প্রয়োগ করা যায় তাহার আয়তন তত হ্রাস হয়; আবার চাপ অপসৃত হইলে পুনর্ব্বার প্রসারিত হইয়া পূর্ব্ব আয়তন প্রাপ্ত হয়। কোন বায়ুপরিপূর্ণ চর্ম্মমসকের মুখ বন্ধ করিয়া তাহার উপর চাপ প্রয়োগ করিলে উহা সঙ্কুচিত হয় এবং চাপ অপসারিত হইবামাত্র পুনরায় প্রসারিত হয়। আবার কোন বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্রের আবরণ পাত্র মধ্যে উহাকে রাখিয়া চতুঃপার্শ্বস্থ বায়ু নিষ্কাশিত করিলে স্ফীত হইয়া উঠে, এবং যন্ত্র মধ্যে বায়ু পুনঃ প্রবিষ্ট হইলে সঙ্কুচিত হইয়া স্বাভাবিক আয়তন প্রাপ্ত হয়। উষ্ণতার বৃদ্ধি হইলে বায়ুমাত্রেই অতিশয় প্রসারিত হয় এবং শীতল হইলে পুনরায় সঙ্কুচিত হয়। ফলতঃ যে কারণের সদ্ভাবে কোন

বায়বীয় বস্তু আকুঞ্চিত বা প্রসারিত হয়, তাহার অসদ্ভাব হইলেই উহা স্বাভাবিক আয়তন প্রাপ্ত হইয়া থাকে। অতএব বায়ু মাত্রেই স্থিতিস্থাপকতা গুণসম্পন্ন, ইহা বলিবার আর অপেক্ষা কি।

তরল বস্তুর ন্যায় বায়বীয় বস্তুর পরমাণু সকল সহজেই সঞ্চালিত হইতে পারে। জলের অণু সকল যেরূপ অনায়াসেই বিচ্ছিন্ন করা যাইতে পারে, বায়ুরও সেই রূপ। তরল বস্তুর একাংশে কোন চাপ প্রয়োগ করিলে ঐ চাপ, যেরূপ তাহার সর্ব্বাংশে সমভাবে সঞ্চালিত হয়; বায়বীয় দ্রব্যের কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলেও ঠিক তাহাই হইয়া থাকে। তরলবস্তুর ভার, যেরূপ গভীরতা ও ঘনত্ব সাপেক্ষ, বায়বীয় দ্রব্যেরও সেই রূপ। জলাদিতে মগ্ন হইলে যেরূপ দ্রব্যাদির সমআয়তন জলাদি স্থানান্তরিত হয় এবং স্থানান্তরিত জলাদির ভারের সমান ভার কম পড়ে; বায়বীয় বস্তুতে নিমজ্জিত হইলেও ঠিক সেই রূপ হইয়া থাকে। এই নিমিত্ত, কোন বস্তুকে বায়ুতে ওজন করিলে যে ভার পাওয়া যায়, তাহাতে তাহার সমআয়তন বায়ুর ভার যোগ না করিলে তাহার প্রকৃত ভার অবধারিত হয় না। এক মণ তুলার যে আয়তন তদপেক্ষায় এক মণ লৌহের আয়তন অনেক কম। এই নিমিত্ত বায়ুতে ওজন করিলে যে পরিমাণ তুলার ভার এক মণ লৌহের সমান হইয়া থাকে, নির্ব্বাত স্থানে, তাহার ভার তদপেক্ষা অধিক হয়। সুতরাং ‘এক মণ লৌহ ও এক মণ তুলা’ সমান ভারী নহে।

১১৬। বায়ুরাশি। আমাদিগের আবাস ভূমি বসুন্ধরা বিশাল বায়ুরাশি দ্বারা সমাচ্ছন্ন হইয়া রহিয়াছে। পৃথিবীর সঙ্গে সঙ্গে এই বায়ুরাশি অনবরত ভ্রাম্যমান হইতেছে এবং বর্ষে বর্ষে সূর্য্যমণ্ডলকে এক এক বার প্রদক্ষিণ করিতেছে। এই বায়ুরাশি সুগভীর সমুদ্র হইতেও গভীর ও অত্যুচ্চ পর্ব্বত হইতেও উচ্চ। কেহ কেহ অনুমান করেন ইহার উন্নতি এক শত ক্রোশের ন্যূন নহে। যাহা হউক, ইহা ভূপৃষ্ঠ হইতে অন্যূন পঞ্চবিংশতি ক্রোশ ঊর্দ্ধ পর্য্যন্ত ব্যাপ্ত হইয়া আছে, এ কথা প্রায় সকলেই স্বীকার করেন। যেরূপ মৎস্যাদি জলচর জীবগণ বারিনিধি সাগরে অবস্থান করে, তদ্রূপ আমরা এই প্রবিস্তীর্ণ বায়ুময় সাগরে বাস করিতেছি। ইহা এরূপ লঘু যে প্রজাপতির পক্ষ দ্বারাও সঞ্চালিত হয়, অথচ ইহার দ্বারাই আবার প্রকাণ্ড প্রকাণ্ড অর্ণবপোত দুস্তর সাগর পারে নীত হইয়া থাকে। কখন বা ইহা এরূপ প্রশান্ত ভাবে অবস্থিতি করে যে ঊর্ণনাভের তন্তুও ইহার দ্বারা বিচ্ছিন্ন হয় না, আবার কখন বা ভীষনাকার ধারণ করত এ রূপ প্রচণ্ড বেগে গমন করিতে থাকে যে, ইহার ভয়ঙ্কর আঘাতে তুঙ্গ শৈলশৃঙ্গও চূর্ণ হইয়া যায়। কখন বা সুমন্দ হিল্লোলে আমাদিগের সর্ব্বশরীর শীতল করে এবং কখন বা দারুণ ঝঞ্ঝাবাতে আমাদিগকে ব্যাকুলিত করে। কখন বা মৃদুমন্দ লহরীলীলায় জনগণকে পুলকিত করে এবং কখন বা উত্তাল ঊর্ম্মিমালা উপস্থিত করিয়া তাহাদিগকে আকুলিত করে। কখন বা শারদীয় পঞ্চমীতে ধনরত্ন লোকাদি

পরিপূর্ণ নৌকা জলমগ্ন করিয়া চতুর্দ্দিকে বিলাপ ও ক্রন্দনধ্বনি বিস্তার করে এবং কখন বা অরাতি পরিবেষ্টিত পুরীশ্রেষ্ঠ পারী নগরী হইতে ব্যোমযান আনয়ন করত তথায় যে সমস্ত মহাত্মাগণ প্রাণ পর্য্যন্ত পণ করিয়া স্বদেশরক্ষার্থ যত্ন করিতেছেন, তাঁহাদিগের সংবাদ প্রদান করিয়া আমাদিগকে আহ্লাদিত করে।

বায়ু না থাকিলে, কি উষাকালীন পরম রমণীয় শোভা, কি প্রদোষকালীন জলদপটলের নিরুপম কান্তি, কিছুই নয়নগোচর হইত না। বায়ু না থাকিলে, নিশাবসান না হইতে হইতেই প্রচণ্ড মার্ত্তণ্ড উদিত হইয়া খরতর কর বর্ষণপূর্ব্বক জীবগণকে দগ্ধ করিত এবং দিনশেষ না হইতে হইতেই দিনমণি, বসুন্ধরাকে ঘোরতর তিমিরসাগরে নিমগ্ন করিয়া অস্তমিত হইত। বায়ু না থাকিলে, দীপাদি আলোক প্রদান করিত না ও কাষ্ঠাদি হইতে বহ্নি উৎপন্ন হইত না। বায়ু না থাকিলে, কাদম্বিনীর ললাটদেশ সৌদামিনীরূপ সিঁথিতে সমুজ্জ্বলিত হইত না। বায়ু না থাকিলে, বিমানচারী বারিদগণ বারি বর্ষণ করিত না। বায়ু না থাকিলে, পর্ব্বতনন্দিনী সুস্বাদুসলিলশালিনী প্রবাহিনী স্রোতস্বিনীগণ কল কল রবে প্রবাহিত হইত না। বায়ু না থাকিলে, শ্যামল দুর্ব্বাদলশিরে শিশির বিন্দু সকল মুক্তাফল রূপে কখনই শোভা পাইত না। বায়ু না থাকিলে, কি বৃক্ষ পত্রের শর্ শর্ শব্দ, কি পক্ষীগণের কলরব, কি সুমধুর গীত ধ্বনি, কি ঘোরতর বজ্র নাদ, কিছুই আমরা শুনিতে পাইতাম না। অন্য কথা দূরে

থাকুক, বায়ু না থাকিলে আমরা ক্ষণমাত্র জীবিত থাকিতে পারিতাম না। এই নিমিত্তই ইহার জগৎপ্রাণ নামটী অন্বর্থ হইয়াছে।

১১৭। বায়ুর স্থানাবরোধকতা। অন্যান্য জড়-পদার্থের ন্যায় বায়ুরও স্থানাবরোধকতা গুণ আছে। ইহার এই স্থানাবরোধকতা গুণবশতঃ কোন পাত্র বিপর্য্যস্থ করিয়া জলমগ্ন করিলে জলে পরিপূর্ণ হয় না, কারণ উহার অভ্যন্তরস্থ বায়ু বহির্গত, হইতে পথ না পাইয়া জলের উপরিভাগে সঙ্কুচিত হইয়া থাকে। গাড়ুর নাল উপরে রাখিয়া, মুখ জলমগ্ন করিলে, তন্মধ্য দিয়া জল প্রবিষ্ট হইয়া নাল দ্বারা অন্তর্গত বায়ুকে নিরাকৃত করে; নালের মুখোপরি হস্ত ধরিলেই ইহার উপলব্ধি হইয়া থাকে। তরলই হউক, আর কঠিনই হউক, বায়ুর সহিত কেহ এক সময়ে এক স্থান অধিকার করিয়া থাকিতে পারে না।

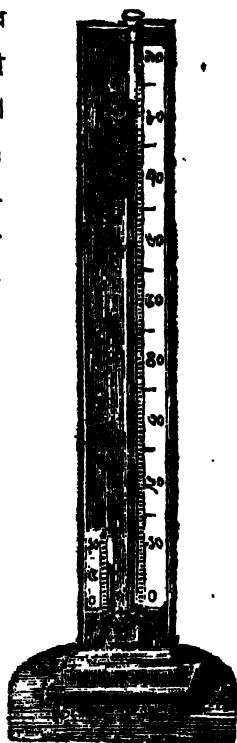
১১৮। বায়ুর নিশ্চেষ্টতা। নিশ্চেষ্টতা গুণ বায়ুতেও দৃষ্ট হইয়া থাকে। চালিত না হইলে বায়ুও চলিতে পারে না এবং চালিত হইলে অন্যের প্রতিবন্ধকতা ব্যতীত কখনই স্থির হয় না। সচল বায়ুকেই আমরা বাতাস বলি। ঝড়ের সময়, বায়ুর বেগ এতাদৃশ প্রবল হয় যে, তদ্দ্বারা প্রকাণ্ড প্রকাণ্ড মহীরুহসমূহও উন্মূলিত, ও অত্যুন্নত প্রাসাদও ভগ্ন হইয়া যায়।

১১৯। বায়ুর আকুঞ্চনীয়তা। চাপ প্রাপ্ত হইলে বায়ুমাত্রেই আকুঞ্চিত হয়, ইহা পূর্ব্বেই বলা গিয়াছে।

তাদৃশ অধিক চাপ প্রয়োগ করিলে জল কিঞ্চিৎ আকুঞ্চিত হয় বটে, কিন্তু কার্য্যতঃ ইহাকে অনাকুঞ্চনীয় বলিলেও নিতান্ত অসঙ্গত হয় না। পরন্তু বায়ুর উপর যত চাপ দেওয়া যায় তাহার আয়তনও তত অল্প হয়। বস্তুর আয়তনের হ্রাস হইলে ঘনত্বের বৃদ্ধি হয়। সুতরাং, বায়ুর উপর চাপ দিলে তাহার আয়তনের যেরূপ হ্রাস হয়, ঘনত্বের তদ্রূপ বৃদ্ধি হয়। চাপ নিরাকৃত হইলে স্থিতিস্থাপকতা গুণে বায়ু পুনরায় প্রসারিত হয়। চাপের তারতম্যানুসারে স্থিতিস্থাপকতা গুণের তারতম্য ঘটিয়া থাকে। চাপের বৃদ্ধি হইলে আয়তনের যেমন হ্রাস হয়, ঘনত্ব ও স্থিতিস্থাপকতা গুণের তদনুরূপ বৃদ্ধি হইয়া থাকে।

১২০। বয়ল্ ও মারিয়টের নিয়ম। বয়ল ও মারিয়ট নামক দুই জন পণ্ডিত আকুঞ্চনীয়তার নিয়ম নিরূপণ করেন। এই নিমিত্ত বক্ষ্যমাণ নিয়মটী বয়ল ও মারিয়টের নিয়ম বলিয়া প্রসিদ্ধ হইয়াছে। "উষ্ণতা সমান হইলে বায়বীয় বস্তুর আয়তন প্রযুক্ত চাপের সহিত বিলোম ভাবে পরিবর্ত্তিত হয়"। সুতরাং প্রতীয়মান হইতেছে, প্রযুক্ত চাপের সহিত ঘনত্ব ও স্থিতিস্থাপকতা অনুলোমে পরিবর্ত্তিত হয়।

বায়বীয় দ্রব্যের উপর যত অধিক চাপ প্রয়োগ করা যায় তাহার আয়তনও তত অল্প হইয়া আইসে। প্রদত্ত চিত্রের অনুরূপ যন্ত্র দ্বারা ইহা পরীক্ষা করিয়া দেখা যাইতে পারে।

এই চিত্রে ক খগ একটী বক্রীভূত কাচনালী, ইহার এক প্রান্ত খ আবদ্ধ এবং অপর প্রান্ত ক অনাবদ্ধ। খ ও খগ বাহুর গায়ে যথাক্রমে উচ্চতা ও আয়তন বিজ্ঞাপক মানদণ্ড সংযুক্ত আছে। এই দুই মানদণ্ডের শূন্যের অন্তর্গত প্রদেশ পারদে পরিপূর্ণ। খগ বাহুস্থিত বায়ুর উপর যে চাপ পড়িতেছে তাহা বায়ু রাশির চাপের সমান। এক্ষণে যদি দীর্ঘ বাহুর অভ্যন্তরে সমধিক পারদ ঢালিয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে অপর বাহুস্থ বায়ুর আয়তন হ্রাস হইতে থাকে এবং অবশেষে যখন ক্ষুদ্র বায়ুস্থ ১০ আয়তন বায়ু সঙ্কুচিত হইয়া ৫ আয়তন মাত্র হয় অর্থাৎ যখন উহার আয়তন পূর্ব্ব আয়তনের অর্দ্ধেক মাত্র হয়, তখন গক পারদ স্তম্ভের উন্নতি বায়ুমান যন্ত্রস্থ পারদের তাৎকালিক উন্নতির সমান হইবে। অতএব দৃষ্ট হইতেছে ক্ষুদ্র বাহুর অভ্যন্তরস্থ বায়ুর উপর চাপ দ্বিগুণিত হওয়াতে উহার আয়তন অর্দ্ধেক হইয়াছে। যদি প্রস্তাবিত বায়ুর উপর তিন গুণ চাপ প্রয়োগ করা যাইত অর্থাৎ গক পারদস্তম্ভের উন্নতি যদি বায়ুমান

যন্ত্রের পারদের দ্বিগুণ হইত তাহা হইলে উহার আয়তন তিন ভাগের এক ভাগ হইত, অতএব প্রতীয়মান হইতেছে বায়বীয় বস্তুর উপর যত চাপ প্রয়োগ করা যায় তাহাদের আয়তন তত অল্প হইয়া আইসে।

চা ও চা′ প্রমাণ চাপ প্রদত্ত হইলে যদি কোন বস্তুর আয়তনের পরিমাণ আ ও আ′ এবং ঘনত্বের পরিমাণ

ঘ ও ঘ′ হয়, তাহা হইলে $\frac{\text{আ}}{\text{আ}'} = \frac{\text{চা}'}{\text{চা}}$ এবং $\frac{\text{ঘ}}{\text{ঘ}'} = \frac{\text{চা}}{\text{চা}'}$

$$\therefore \text{আ}' = \text{আ}\,\frac{\text{চা}}{\text{চা}'} \text{ এবং } \text{চা}' = \text{চা}\,\frac{\text{আ}}{\text{আ}'}$$

$$\text{আর, } \text{ঘ}' = \text{ঘ}\,\frac{\text{চা}'}{\text{চা}} \text{ এবং } \text{চা}' = \text{চা}\cdot\frac{\text{ঘ}'}{\text{ঘ}}$$

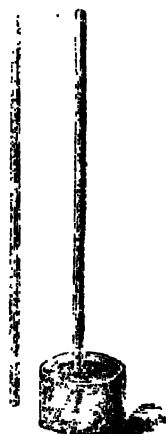
চাপ দ্বিগুণিত হইলে আয়তন অর্দ্ধেক হইয়া যায় এবং চাপ অর্দ্ধেক হইলে আয়তন দ্বিগুণিত হয়। আয়তন অর্দ্ধেক হইলে ঘনত্ব দ্বিগুণিত হয় এবং আয়তন দ্বিগুণিত হইলে ঘনত্ব অর্দ্ধেক হইয়া থাকে, ইত্যাদি।

সমধিক চাপ প্রাপ্ত হইলে প্রায় সমস্ত বায়বীয় দ্রব্যই দ্রবীভূত হইয়া তরল হয়।

১২১। বায়ুর ভার। জল ও মৃত্তিকাদির ন্যায় বায়ুরও গুরুত্ব আছে। এই কারণ কোন পাত্র হইতে বায়ু নিষ্কাশন যন্ত্রদ্বারা বায়ু নিষ্কাশিত করিলে তাহার ভারের লাঘব হয়। তরিচেলী নামে এক জন ইতালি দেশীয় পণ্ডিত ১৬৪৩ খৃঃ অব্দে বায়ুর ভার নিরূপণ করেন।

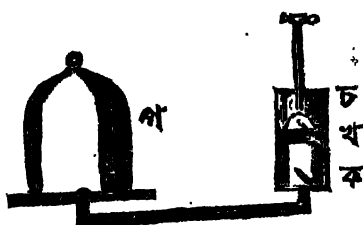
সকলেই দেখিয়াছেন, কোন নলের এক প্রান্ত জলে মগ্ন করিয়া অপর প্রান্তে মুখ দিয়া তন্মধ্যস্থ বায়ু টানিয়া লইলেই তাহার ভিতরে জল প্রবেশ করে। জলোত্তোলন যন্ত্রের নালের অভ্যন্তরস্থ বায়ু নিরাকৃত করিলে তন্মধ্যে কূপাদির জল প্রবিষ্ট হয়। প্রাচীন পণ্ডিতগণ এই ব্যাপারটীর কোন কারণ অবধারণে অসমর্থ হইয়া এই সিদ্ধান্ত করিয়াছিলেন, যে প্রকৃতি শূন্যকে ঘৃণা করেন; তিনি কোথাও শূন্য দেখিতে পারেন না: এই জন্য নলাদির অন্তর্গত বায়ু নিষ্কাশিত করিলে তন্মধ্যে সমীপস্থ জলাদি প্রবেশ করে। প্রায় দুই সহস্র বৎসর পর্যান্ত লোকে এই কথায় বিশ্বাস ও শ্রদ্ধা করিয়া আসিতেছিল। অবশেষে, গালিলিওর জীবদ্দশায় ফ্লরেন্স নগরে একটী কূপ খনন কালে দৃষ্ট হইল, জলোত্তোলন যন্ত্রে ৩২ ফুটের উপরে জল উত্থিত হয় না। গালিলিওকে ইহার কারণ জিজ্ঞাসা করিলে, তিনি প্রকৃত কারণ স্থির করিতে অসমর্থ হইয়া প্রাচীন মতের উপর কিঞ্চিৎ কটাক্ষ করত এই উত্তর করিয়াছিলেন, প্রকৃতি ৩৪ ফুটের উপরে আর শূন্যকে ঘৃণা করেন না। অনন্তর তাঁহার পরলোক গমনের পর তদীয় শিষ্য তরিচেলী এই বিষয়ের নিগূঢ় কারণ অনুসন্ধানে প্রবৃত্ত হন। তিনি মনে মনে চিন্তা করিলেন বহিঃস্থ বায়ুর ভার বশতঃ, নলাদির অভ্যন্তরে জল উত্থিত হওয়া কি সম্ভবপর হইতে পারে না? আরও এই বিবেচনা করিলেন যদি বায়ুর ভার দ্বারাই ৩৪ ফুট জল সমুদ্ধৃত হয় তাহা হইলে উহার ভার অবশ্য ৩৪ ফুট জলের সমান

হইবে। কিন্তু ৩০ ইঞ্চি পারদের ভার ৩৪ ফুট জলের সমান, কেননা জল অপেক্ষা পারদ ১৩৫ গুণ ভারী। অতএব বায়ুর ভার নিবন্ধনই যদি ৩৪ ফুট ঊর্দ্ধে জল উত্থিত হয় তাহা হইলে তন্নিবন্ধন পারদ কখন ৩০ ইঞ্চি অপেক্ষা অধিক ঊর্দ্ধে উত্থিত হইতে পারে না। ইহা পরীক্ষা করিয়া দেখিবার নিমিত্ত তিনি একটী সুদীর্ঘ কাচনালী পারদপূর্ণ করত অপর একটী পারদপূর্ণ পাত্রে বিপর্য্যস্ত করিয়া মগ্ন করিলেন। তৎক্ষণাৎ তিনি মনে মনে যাহা ভাবিয়াছিলেন তাহাই ঘটিল। নলের অভ্যন্তরে ৩০ ইঞ্চি মাত্র পারদ রহিল ও আর সমুদায় নিম্নে নামিয়া পড়িল।

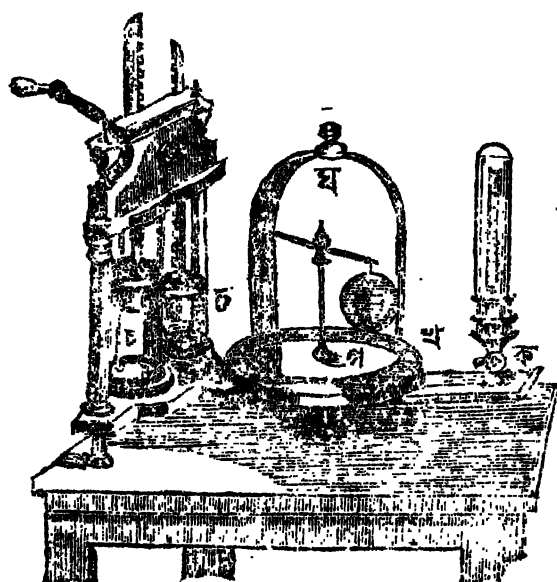
তরিচেলীর এই পরীক্ষা লইয়া তৎকালীন পণ্ডিত মণ্ডলীতে বিষম গোলযোগ উপস্থিত হইয়াছিল। অনেকেই তাঁহার মত ভ্রান্তিসঙ্কুল বলিয়া অগ্রাহ্য করিলেন। পরিশেষে, পাস্কাল পরীক্ষা করিয়া ইহার সত্যাসত্য নিরূপণ করিতে অভিলাষী হইলেন। তিনি ভাবিলেন যদি বায়ুর ভার বশতঃই তরিচেলীর কাচনালীতে পারদ সমুত্থিত হয়, তাহা হইলে উহাকে ঊর্দ্ধদেশে লইয়া গেলে উপরিস্থ বায়ুর পরিমাণ অপেক্ষাকৃত অল্প হওয়াতে উহার অভ্যন্তরস্থ পারদের উন্নতিও অবশ্য কম পড়িবে। এই মনে করিয়া

তিনি পূই-ডি-ডোম্ পর্ব্বতোপরি ঐরূপ কাচনালী লইয়া আরোহণ করিতে লাগিলেন। তখন দেখিতে পাইলেন যে তিনি যত ঊর্দ্ধে উঠিতেছেন কাচনালীতে পারদের উন্নতিও তত কম পড়িতেছে; সুতরাং বায়ুর ভার বশতঃ এইরূপ ঘটিয়া থাকে তদ্বিষয়ে আর অণুমাত্র সন্দেহ রহিল না। তরিচেলীর কাচনালীকে বায়ুমান যন্ত্র বলে। ইহার দ্বারা বায়ুরাশির ভার পরিমিত হইয়া থাকে। পারদের উন্নতি ও অবনতি অবধারনার্থ কাচনালীর গায়ে একটী মাপন দণ্ড সংযুক্ত থাকে। সচরাচর বায়ুমান যন্ত্রের কাচনালীতে পারদের উন্নতি ৩০ ইঞ্চির অধিক হয় না। অতএব দেখা যাইতেছে, সামান্যতঃ ভূপৃষ্ঠের প্রতিবর্গ ইঞ্চির উপর বায়ুর ভার ৩০ ঘন ইঞ্চি পারদের সমান। ৩০ ঘন ইঞ্চি পারদের ভার প্রায় ৭৵৷ সাড়েসাত সের, সুতরাং প্রতিবর্গ ইঞ্চি পারদের প্রমাণ স্থান এই সাড়েসাত সের ভার সহ্য করিতেছে। আমরাও নিয়ত এই বিষম ভার বহন করিতেছি। আমাদিগের শরীরের ক্ষেত্রফল প্রায় ২,০০০ বর্গ ইঞ্চি এ প্রযুক্ত আমরা প্রায় ৩৭৫ মণ প্রমাণ ভারে আক্রান্ত রহিয়াছি। আশ্চর্য্যের বিষয় এই যে আমাদিগকে কোন রূপ ভার সহ্য করিতে হইতেছে, ইহা আমরা এক বার ভ্রমেও মনে করি না।

সম্প্রতি বায়ুরাশিক চাপ সাপেক্ষ কয়েকটী যন্ত্রের বিবরণ লিখিত হইতেছে।

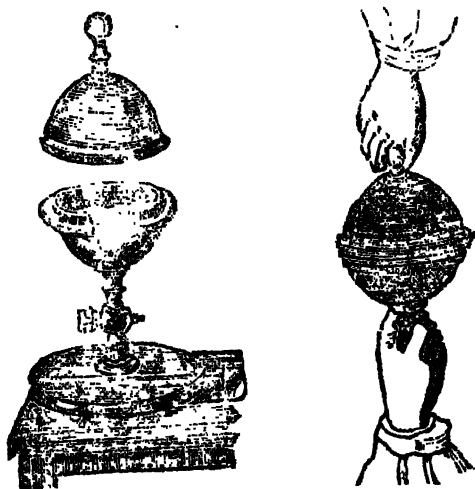
১২২। বায়ু নিষ্কাশন যন্ত্র। যে যন্ত্র দ্বারা কোন পাত্র হইতে বায়ু নিষ্কাশন করিতে পারা যায়, তাহার

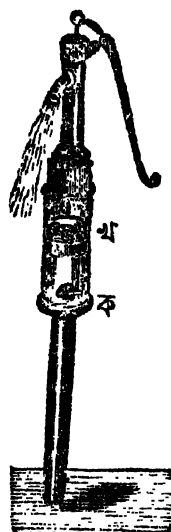
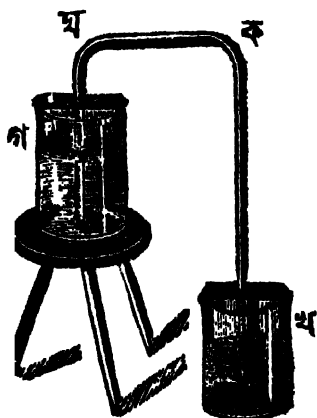
নাম বায়ু নিষ্কাশন যন্ত্র। পার্শ্বে একটী বায়ু নিষ্কাশন যন্ত্রের প্রতিকৃতি প্রদত্ত হইল।

একটী মসৃণ ধাতু-নির্ম্মিত আধার পাত্রের উপর প নামক একটি মসৃণ তলবিশিষ্ট কাচময় আবরণ পাত্র স্থাপিত আছে এবং আধার পাত্রের মধ্যস্থলে একটি ছিদ্র আছে, ঐ ছিদ্র একটি নল দ্বারা চ চোঙ্গের সহিত সংযুক্ত। নল ও চোঙ্গের সংযোগ স্থলে ক-নামক একটী কপাট আছে; এই কপাট ঊর্দ্ধ দিকে উদ্ঘাটিত হয়, কিন্তু ইহারে অধোদিকে উদ্ঘাটন করিতে পারা যায় না। চোঙ্গটার মধ্যে উহার গর্ভদেশের সম আয়তন একটী অর্গল আছে এবং সেই অর্গলে খ নামক আর একটী কপাট আছে, সেটীও ঊর্দ্ধ দিকে বিমুক্ত হয়।

এক্ষণে বিবেচনা করিয়া দেখ, অর্গলটী যদি চোঙ্গের তলায় পড়িয়া থাকে তাহা হইলে উহাকে তুলিবামাত্র ক-কপাটের ঊর্দ্ধদেশ শূন্যময় হইয়া উঠে। কিন্তু খ কপাট খুলিয়া উপরিস্থ বায়ু আসিয়া উক্ত শূন্য স্থান পুরণ করিতে পারে না, কেননা খ-কপাট কেবল ঊর্দ্ধদিকে উদ্ঘাটিত হয়। পরন্তু প-পাত্র হইতে নল দ্বারা বায়ু আসিয়া ক-কপাট খুলিয়া চোঙ্গের মধ্যে প্রবিষ্ট হয়; সুতরাং অর্গলটীকে যখন চোঙ্গের উপরিভাগ পর্য্যন্ত উঠান যায় তখন যে বায়ুটুকু কেবল প-পাত্র অধিকার

করিয়াছিল তাহা প ও চ উভয় পাত্রে ব্যাপ্ত হয়। আবার অর্গলটীকে নামাইলে ক-কপাট বদ্ধ ও খ কপাট খুলিয়া যায়, সুতরাং চোঙ্গের বায়ুও বহির্গত হইয়া যায়। এই রূপে অর্গলটীকে পুনঃ পুনঃ উঠাইলে নামাইলে প-পাত্র হইতে পুনঃ পুনঃ চোঙ্গের মধ্যে বায়ু প্রবিষ্ট হওয়াতে প-স্থিত বায়ু ক্রমশঃ অল্প হইয়া আইসে এবং অবশেষে যখন এরূপ বিরল ও লঘু হয় যে তদ্দারা ক কপাট আর উদঘাটিত হয় না তখন আর প হইতে বায়ু নিষ্কাশন করিতে পারা যায় না। ফলতঃ বায়ু নিষ্কাশন যন্ত্রদ্বারা পাত্রাদির বায়ুকে যার পর নাই বিরল করা

যাইতে পারে, কিন্তু ইহাদ্বারা কোন পাত্রকে সম্পূর্ণরূপে বায়ু শূন্য করিতে পারা যায় না।

পূর্ব্ব পৃষ্ঠার নিম্নে যে বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্রের প্রতিকৃতি প্রকাশিত হইল তাহাতে দুইটী চোঙ্গ ও দুইটী অর্গল থাকাতে তদ্দ্বারা অপেক্ষাকৃত শীঘ্র শীঘ্র আবরণ পাত্রের বায়ু নিষ্কাশিত করিতে পারা যায়।

নিম্নস্থ চিত্রের অনুরূপ দুইটী গোলকার্দ্ধ উপর্য্যুপরি

রাখিয়া তাহার অভ্যন্তর হইতে বায়ু নিষ্কাশন করিলে তাহার এরূপ সম্বন্ধ হইয়া যায় যে কাহারও সাধ্য তাহাদিগকে সহসা বিচ্ছিন্ন করে।

১২৩ জলোত্তোলন যন্ত্র। পার্শ্বে একটী জলোত্তোলন যন্ত্রের প্রতিরূপ প্রদত্ত হইল। এই যন্ত্রে চোঙ্গের নিম্নে একটী নল থাকে; সেই নলের অপর প্রান্ত জল মধ্যে নিবিষ্ট থাকে। চোঙ্গ ও নলের মধ্যে ক নামক একটী কপাট আছে এবং অর্গলটীতে খ নামক আর একটী কপাট আছে এই উভয় কপাটই ঊর্দ্ধ দিকে উদ্ঘাটিত হয়। ইহার কার্য্য প্রণালী বায়ু নিষ্কাশন যন্ত্রের সদৃশ। যদি নল মধ্যে বায়ু থাকে তাহা হইলে অর্গলটীকে উঠাইবা মাত্র নিম্নস্থ বায়ুর চাপে ক-কপাট খুলিয়া যায় এবং নলস্থ বায়ু চোঙ্গের মধ্যে প্রবেশ করে এবং অর্গলটীকে নামাইবা মাত্র খ-কপাট খুলিয়া যায়, সুতরাং চোঙ্গের মধ্যস্থিত বায়ু ক্রমে ক্রমে বহির্গত হইয়া যায়। নিষ্কাশিত বায়ুর স্থান পূরণার্থে নলমধ্যে কিঞ্চিৎ জল উত্থিত হয়। পুনঃ-পুনঃ অর্গলটীকে উঠাইলে নামাইলে অবশেষে চোঙ্গের মধ্যে জল উত্থিত হয় এবং সেই জল খ-কপাট খুলিয়া ঊর্দ্ধে উঠে। যদি নলের উন্নতি ৩৩ ফুট অপেক্ষা অধিক হয় তাহা হইলে চোঙ্গের মধ্যে জল উত্থিত হয়, কেননা বায়ু রাশির চাপ ৩৩ ফুট জলের ভার অপেক্ষা অধিক নহে।

১২৪ বক্রনালী যন্ত্র। এই যন্ত্র দ্বারা উচ্চস্থান হইতে জলাদি নিম্ন স্থানে নীত হয়। পার্শ্বে একটী বক্র-নালী যন্ত্রের প্রতিকৃতি প্রদত্ত হইল। এই যন্ত্র একটী বক্রীভূত নল ব্যতীত আর কিছুই নহে, এই নিমিত্ত ইহা বক্রনালী বলিয়া অভিহিত হইয়াছে। ইহার একদিকের

বাহু আপেক্ষা অপর দিকের বাহু দীর্ঘ হওয়া আবশ্যক। ইহাকে জলাদিতে পূর্ণ করিয়া ক্ষুদ্র বাহুকে উচ্চস্থিত পাত্রে নিমজ্জিত করিতে হয় এবং যে পাত্রকে জলাদিতে পরিপূর্ণ করিতে হইবে তন্মধ্যে দীর্ঘ ভুজের প্রান্ত ভাগ নিমগ্ন করিতে হয়। উচ্চস্থিত পাত্রের জলাদি ক্রমশঃ নল দ্বারা নিমগ্ন পাত্রের অভিমুখে প্রবাহিত হয়। ক্ষুদ্র বাহুর প্রান্তভাগ জলে মগ্ন করিয়া দীর্ঘ বাহুর প্রান্তে মুখ প্রয়োগ করিয়া নলের মধ্যস্থিত বায়ু টানিয়া লইলেও এই রূপ প্রবাহ প্রবাহিত হয়। জলাদির পৃষ্ঠ দেশ হইতে ক্ষুদ্র বাহু ৩৩ ফুটের অধিক উচ্চ হইলে প্রবাহ উৎপন্ন হয় না, কেননা বায়ুর চাপ দ্বারা ৩৩ ফুট মাত্র জল সমুদ্ধৃত হইতে পারে।

প্রথমঅধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। পদার্থদর্শন বলিতে কোন শাস্ত্র বুঝায়?

২। জড় পদার্থ কাহাকে বলে? যে সকল গুণ জড় পদার্থ মাত্রেই লক্ষিত হয় তাহাদের নাম উল্লেখ কর।

৩। স্থানব্যাপকতা ও স্থানাবরোধকতা কাহাকে বলে? জল ও বায়ু যে স্থানাবরোধক, ইহা উদাহরণ দ্বারা প্রতিপন্ন কর।

৪। মূল এবং যৌগিক পদার্থে প্রভেদ কি? জল, বায়ু, স্বর্ণ, তাম্র, গন্ধক, অঙ্গার, কাষ্ঠ. শর্করা, তৈল, পারদ, এই কয়েকটীর মধ্যে কোন্ কোন্‌টী মূল এবং কোন কোন্‌টী বা যৌগিক?

৫। বিভাজ্যতা কাহাকে বলে, বিভাজ্যতা গুণের কয়েকটী উদাহরণ প্রদর্শন কর।

৬। পরমাণু কাহাকে বলে? "অসৎ বস্তুর কখনই উৎপত্তি হয় না, আর সদ্বস্তুর কখন অভাব হয় না," এই বাক্যের তাৎপর্য্য কি?

৭। আকুঞ্চনীয়তা ও প্রসারণীয়তা বলিতে কি বুঝায়? সান্তরতা কাহাকে বলে? স্বর্ণের সান্তরতা কিরূপে নিরূপিত হইয়াছিল?

৮। স্থিতিস্থাপকতা কি? কতিপয় স্থিতিস্থাপক পদার্থের নাম বল।

৯। নিশ্চেষ্টতা কাহাকে বলে? জড় পদার্থ নিশ্চেষ্ট না নিশ্চল? এবং তাহার প্রমাণ কি? "যদি কোন অশ্ব

হঠাৎ চলিতে আরম্ভ করে, তাহা হইলে আরোহী তাহার পশ্চাৎ ভাগে পতিত হন ; এবং ধাবমান অশ্ব অকস্মাৎ স্থির হইলে তাঁহাকে তাহার গ্রীবার উপর পতিত হইতে হয়" ; ইহার কারণ কি ?

১০। কাঠিন্য, ভঙ্গপ্রবণতা, ঘাতসহত্ব, তান্তবতা ও টানসহত্ব বলিতে কি বুঝায় ? তরল ও বায়বীয় দ্রব্যে কি এই কয়েকটী গুণ দৃষ্ট হয় ? কতিপয় কঠিন, ভঙ্গ—প্রবণ, ঘাতসহ, তান্তব ও টানসহ পদার্থের নাম উল্লেখ কর ?

দ্বিতীয় অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। আণবিক আকর্ষণ ও আণবিক বিকর্ষণে প্রভেদ কি ? কঠিন, তরল ও বায়বীয় এই তিন প্রকার অবস্থার উৎপত্তির প্রতি কারণ কি ?

২। সংহতি, সংসক্তি ও সম্বন্ধ বলিতে কি বুঝায় ? কঠিন পদার্থের সহিত কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থের এবং তরল দ্রব্যের সহিত তরল ও বায়বীয় দ্রব্যের সংসক্তির কতিপয় উদাহরণ প্রদর্শন কর।

৩। কৈশিকতা কাহাকে বলে ? কৈশিকতার কতিপয় সামান্য উদাহরণ প্রদর্শন কর।

৪। অন্তর্ব্বাহ ও বহির্ব্বাহ কাহাকে বলে ?

৫। সংহতি ও সংসক্তির সহিত রাসায়নিক সম্বন্ধের প্রভেদ কি ?

৬। মাধ্যাকর্ষণ কাহাকে বলে? "সামগ্রীর বৃদ্ধি অনুসারে মাধ্যাকর্ষণের বৃদ্ধি হয় এবং দূরত্বের বর্গানুসারে মাধ্যাকর্ষণের হ্রাস হয়", এই বাক্যের তাৎপর্য্য বুঝাইয়া দেও।

৭। "গুরুত্ব পতন নিয়ামক নহে" ইহার প্রমাণ কি?

৮। ভারকেন্দ্র কাহাকে বলে? দণ্ড, বৃত্ত, স্তম্ভ ও বর্ত্তুল সদৃশ সমঘন দ্রব্যের ভারকেন্দ্র কোথায়? অঙ্গুরী, ঢক্কা, বাক্স, ইহাদের ভারকেন্দ্রই বা কোথায়?

৯। "ভারকেন্দ্র অবলম্বন প্রাপ্ত হইলে দ্রব্যমাত্রেই স্থির হইয়া থাকে আর উহা অনাশ্রিত হইলে সকল বস্তুই বিচলিত হইয়া পড়িয়া যায়," এই বিষয়টী দৃষ্টান্ত দ্বারা বুঝাইয়া দেও।

তৃতীয় অধ্যায়ের প্রথম ও দ্বিতীয় পরিচ্ছেদের প্রশ্নমালা।

১। গতি কাহাকে বলে; নিরপেক্ষ ও সাপেক্ষ গতিতে প্রভেদ কি?

একস্থান হইতে স্থানান্তর হওয়ার নাম গতি। যে সকল বস্তুকে আমরা নিশ্চল বলিয়া মনে করি তাহাদের সম্বন্ধে যদি কোন বস্তুর অবস্থিতির অনুক্ষণ পরিবর্ত্তন হয়, তাহা হইলে সেই বস্তুকে সচল বা গতিসম্পন্ন বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়। যে সকল বস্তুকে নিশ্চল মনে করিয়া কোন বস্তুর গতি অবধারিত হয়, তাহারা যদি বাস্তবিক নিশ্চল হয় তাহা হইলে সেই সচল বস্তুর গতিকে নিরপেক্ষ গতি বলা যায়; আর যদি

উহারা বাস্তবিক নিশ্চল না হয়, তাহা হইলে তাহার গতিকে সাপেক্ষ গতি বলে।

২। বল কাহাকে বলে? বল কি রূপে পরিমিত হয়?

যদ্দ্বারা জড় বস্তুর গতি উৎপাদিত হয় বা হইতে পারে তাহার নাম বল। বল কি রূপে পরিমিত হয়, ইহার উত্তরার্থে ৩৬ অনুচ্ছেদ দেখ।

৩। যদি কোন বলের পরিমাণ শুদ্ধ ২, ৫, ১০ কি ব বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়, তাহা হইলে তাহার তাৎপর্য্য কি?

যদি কোন বলকে শুদ্ধ ২, ৫, ১০ কি ব বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়, তাহা হইলে তাহার তাৎপর্য্য এই যে সেই বলের পরিমাণ ২ সের, ৫ সের, ১০ সের কি ব সের।

৪। ঋজুরেখা দ্বারা কি প্রকারে বল সকল প্রকাশিত হয়। (৪০ ও ৪১ পৃষ্ঠা। ৩৭ অনুচ্ছেদ দেখ)।

৫। সঙ্ঘাতবল কাহাকে বলে? (৪৪ পৃঃ ৬ হইতে ৯ পঙ্‌ক্তি)। একই ঋজুরেখাক্রমে কার্য্যকারী বল সকলের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ কিসের সমান? (তাহাদের বৈজিক সমষ্টির সমান)।

৬। বল সমান্তরাল ক্ষেত্র বিষয়ক প্রতিজ্ঞাটীর উদ্দেশ্য কি? (৪৪ পৃষ্ঠা ১৫ হইতে ২২ পঙ্‌ক্তি)।

৭। যদি ৯ সের ও ১২ সের পরিমিত দুইটী বল কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত হয় আর যদি উহাদের দিক্ প্রকাশক রেখা দ্বয়ের অন্তর্গত কোণ সমকোণ হয়, তাহা হইলে উহাদের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ কত হইবে?

মনে কর ক নামক কোন বিন্দু (৪৫ পৃষ্ঠার ২য় চিত্র দেখ) কখ ও কগ এর অভিমুখে ৯ সের ও ১২ সের পরিমিত দুইটী বলদ্বারা আকৃষ্ট হইতেছে, কখ ও কগকে এরূপ কর যে উহাদের দৈর্ঘ্যের অনুপাত যেন ৯ : ১২ হয়। কখচগ সমান্তরিক অঙ্কিত কর। খকগ কোণ সমকোণ (কল্পনা) সুতরাং চগক কোণও সমকোণ এবং $কচ^2 = কগ^2 + চগ^2$।

$\therefore কচ^2 = ৯^2 + ১২^2$ এবং $কচ = \sqrt{৯^2 + ১২^2} = ১৫$।

অতএব প্রযুক্ত বলদ্বয়ের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ = ১৫ সের

৮। যদি ৬ সের, ৮ সের ও ১০ সের পরিমিত তিনটী বল কোন বিন্দুকে তিনটী ভিন্ন ভিন্ন দিকে আকর্ষণ করিলে সেই বিন্দুটী সাম্যভাবে থাকে তাহা হইলে ৬ সের ও ৮ সের পরিমিত বল দ্বয়ের দিক প্রকাশক ঋজুরেখাদ্বয়ের অন্তর্গত কোণের পরিমাণ কত হইবে?

মনে কর, (৪৫ পৃষ্ঠা ২য় চিত্র দেখ) ক বিন্দু কখ ও কগ এর অভিমুখে ৬ সের ও ৮ সের পরিমিত দুইটী বল দ্বারা আকৃষ্ট হইতেছে। কখ ও কগকে এরূপ করিয়া লও যে উহাদের দৈর্ঘ্যের অনুপাত যেন ৬ ও ৮এর সমান হয়। কচ সমান্তরিক অঙ্কিত করিয়া কচ যোগ করিয়া দেও। কখ ও কগ প্রকাশিত ৬ সের ও ৮ সের বলদ্বয়ের সঙ্ঘাত বল কচ প্রকাশিত বলের তুল্য; পরন্তু ১০ সের পরিমিত বলটি ক; বিন্দুকে স্বাভিমুখে যেরূপ আকর্ষণ করিতেছে, ৬ সের ও ৮ সের বলদ্বয় মিলিত হইয়াও উহারে তাহার বিপরীত দিকে ঠিক সেই পরিমাণে আকর্ষণ করিতেছে

বলিতে হইবে, কেননা তাহা না হইলে ক বিন্দু কদাচ সাম্যভাবে থাকিতে পারিত না; অতএব কচ=১০। এক্ষণে দেখা যাইতেছে $১০^২ = ৬^২ + ৮^২$; অতএব $কচ^২=কগ^২+গচ^২$, এবং চকগ কোণ সমকোণ। সুতরাং ৬ সের ও ৮ সের বলদ্বয় প্রকাশক রেখাদ্বয়ের অন্তর্গত কখগ কোণও সমকোণ।

৯। কোন বিন্দুতে যদি দুইটী সম বল প্রযুক্ত হয় আর যদি তৎসূচক রেখাদ্বয়ের অানতি ১২০° হয় তাহা হইলে তাহাদের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ কত হইবে?

মনে কর (৪৫ পৃষ্ঠা ১ম চিত্র) কপ ও কব যেন প্রস্তাবিত সম বলদ্বয়ের সূচক এবং ∠ বকপ = ১২০°। কবপস সমান্তরিক অঙ্কিত করিয়া কস কর্ণ রেখা টান। এক্ষণে দেখ কব = কপ = বস ∴ ∠ বকস = ∠কসব = ∠ সকপ, কিন্তু ∠ বকপ = ১২০; ∠বকস = ৬০° = ∠সকপ, সুতরাং ∠কসব = ৬০° এবং কবস ত্রিভুজের অবশিষ্ট কবস কোণও = ৬০°; ∴ ক স একটী সমবাহু ত্রিভুজ, অর্থাৎ কস = কব = বস; অর্থাৎ প্রস্তাবিত বলদ্বয়ের সঙ্ঘাত বল তাহাদের প্রত্যেকের সমান।

২০। বল সমান্তরিকের সত্যাসত্য একটী পরীক্ষা দ্বারা প্রতিপন্ন কর।

৪০ অনুচ্ছেদ ৪৬ ও ৪৭ পৃষ্ঠা দেখ। এই অনুচ্ছেদে একটী ভ্রম আছে যেখানে প আছে সে খানে ব হইবে এবং যেখানে ব আছে সে খানে প হইবে।

১১। একমাত্র বলকে অসংখ্য প্রকারে বিভক্ত করা যাইতে পারে, পরন্তু এক বিন্দুতে প্রযুক্ত বল দ্বয়ের একাধিক সঙ্ঘাত বল থাকা কোন ক্রমেই সম্ভাবিত নহে, কেন? ৪১ অনুচ্ছেদ দেখ।

১২। এক বিন্দুতে প্রযুক্ত বহুসংখ্যক বলের সঙ্ঘাত বল কি রূপে নিরূপিত হয়? সপ্রমাণ কর যদি কোন বহুকোণী ক্ষেত্রের বাহু গুলি ধারাবাহিক রূপে কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত বল সমূহের প্রকাশক রেখাগুলির সহিত সমান্তরাল ও সমান হয় তাহা হইলে ঐ বিন্দুটী সাম্যাবস্থায় অবস্থিত থাকিবে। ৪২ অনুচ্ছেদ দেখ।

১৩। যদি কোন চতুর্ভুজ ক্ষেত্রের বাহুগুলি ধারাবাহিক রূপে কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত বল গুলির সূচক হয় তাহা হইলে সপ্রমাণ কর যে সেই বিন্দুটী সাম্যভাবে থাকিবে। (৪২ অনুচ্ছেদ।)

১৪। যদি ক ও খ নামক দুইটী দৃঢ়রূপে সম্বদ্ধ বিন্দুর প্রতি প ও ব নামক দুইটী সমান্তরাল বল প্রযুক্ত হয়; তাহা হইলে তাহাদের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ ও অবস্থিতি কিরূপ হইবে?

এক দিকে প্রযুক্ত হইলে সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ প+ব আর বিপরীত দিকে প্রযুক্ত হইলে প−ব এর সমান হইবে এবং গ নামক এরূপ একটী বিন্দুতে অবস্থিত হইয়া কার্য্য করিবে যে প×কগ=ব×খগ।

১৫। দুই জন লোকে ৩ মণ ভার একটী বাঁশে আবদ্ধ করিয়া তাহার দুই প্রান্ত স্কন্ধে করিয়া লইয়া যাইতেছে।

বাঁশটী ১২ ফুট লম্বা এবং ভারটী উহার একধার হইতে ৪২ ফুট অন্তরে অবস্থিত। কাহার স্কন্ধের উপর কত চাপ লাগিতেছে তাহা নির্ণয় কর।

উহাদের স্কন্ধের উপর যে চাপ লাগিতেছে, তাহার পরিমাণ যদি স ও স´ হয়, তাহা হইলে স ও স´ এর সঙ্ঘাত চাপ ৩ মণ এবং স : স´ : : ৭২ : ৪২। অর্থাৎ

$$স + স' = ৩ \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (১)$$

$$\frac{স}{স'} = \frac{৭২}{৪২} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (২)$$

(২) হইতে $\frac{স}{স'} = \frac{১৫}{৯} = \frac{৫}{৩} \therefore স' = \frac{৩}{৫} স$

$\therefore$ (১) হইতে $স + \frac{৩}{৫} স = ৩$

$\therefore \frac{৮}{৫} স = ৩, \therefore স = \frac{১৫}{৮}$ মণ $=$ ১ মণ ৩৫সের

$\therefore স' =$ ১ মণ ৫সের

অর্থাৎ যাহার স্কন্ধ হইতে ভারটী ৪২ ফুট অন্তরে অবস্থিত তাহার স্কন্ধের উপর ১ মণ ৩৫ সের এবং অপরের স্কন্ধে ১ মণ ৫ সের প্রমাণ চাপ লাগিবে।

১৬। যদি ৫ ফুট লম্বা এক খানি বাঁকের এক প্রান্তে ২০ সের ও অপর প্রান্তে ৩০ সের ভার ঝুলাইয়া দেওয়া হয়, তাহা হইলে ২০ সের ভার যুক্ত প্রান্ত হইতে কত ফুট দূরে স্কন্ধ রাখা ভারীর কর্ত্তব্য এবং তাহার স্কন্ধের উপর যে চাপ লাগিবে তাহারই বা পরিমাণ কত?

উভয় দিকের ভারের সমষ্টির সহিত অপর প্রান্তের ভারের যে অনুপাত সমুদায় বাঁকের দৈর্ঘ্যের সহিত ২০

সেরের দিকের বাহুর দৈর্ঘ্যের ঠিক সেই অনুপাত হওয়া আবশ্যক, অর্থাৎ ২০ + ৩০ : ৩০ : : ৫ : ৩ অর্থাৎ ২০ সের ভার যুক্ত প্রান্ত হইতে ৩ ফুট দূরে স্কন্ধ রাখিতে হইবে। এবং স্কন্ধের উপর ২০ + ৩০ সের = ৫০সের বা ১ মণ ১০ সের চাপ লাগিবে।

১৭। সমান্তরাল বলের কেন্দ্র কাহাকে বলে ?

(৪৪ অনুচ্ছেদ দেখ)।

১৮। বল দ্বন্দ্ব কাহাকে বলে ? কি রূপ স্থলে বল দ্বন্দ্ব উপস্থিত হইয়া থাকে। (৪৫ অনুচ্ছেদ দেখ)।

তৃতীয় অধ্যায়ের ৩য় পরিচ্ছেদের প্রশ্নমালা।

১। বল সমান্তরিক বিষয়ক প্রতিজ্ঞা স্থলে সপ্রমাণ কর যে কর্ণ রেখা দ্বারা সঙ্ঘাত বলের দিক প্রকাশিত হয়।

(উত্তর। ৫৩পৃষ্ঠা ৬ পঙক্তি হইতে ৫৭ পৃষ্ঠা ৩পঙক্তি,)

২। পূর্ব্বোক্ত প্রতিজ্ঞা স্থলে যদি স্বীকার করা যায় যে কর্ণরেখা দ্বারা সঙ্ঘাত বলের দিক সূচিত হয়, সপ্রমাণ কর যে তাহা হইলে তদ্দারা উহার পরিমাণও অনুসূচিত হইবে।

(উত্তর। ৫৭ পৃ ৯ পঙক্তি হইতে ৫৮ পৃষ্ঠা ৫ পঙক্তি)

৩। পূর্ব্বোক্ত প্রতিজ্ঞা স্থলে প ও ব, যদি প্রযুক্ত বলদ্বয়ের মান হয়, আর ক যদি উহাদের দিক সূচক রেখাদ্বয়ের অন্তর্গত কোণ প্রকাশক হয় এবং স বলিতে যদি

উহাদের সঙ্ঘাত বল বুঝায়, সপ্রমাণ কর যে তাহা হইলে $স^২ = প^২ + ব^২ + ২পব$ কোশিন ক।

(উত্তর। ৫৮ পৃষ্ঠা ৩ হইতে ১৪ পঙক্তি,

৪। ব পরিমিত দুইটী সমবল যদি কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত হয় আর যদি তাহাদে অভিমুখের অন্তর্গত কোণ ৪৫° হয়, তাহা হইলে তাহাদের সঙ্ঘাত বল কত হইবে?

$$স^২ = প^২ + ব^২ + ২প \text{ কোশিন ক।}$$
$$= ব^২ + ব^২ + ২ ব.ব \text{ কোশিন } ৪৫.$$
$$= ২ব^২ + ২ব^২ . \frac{১}{\sqrt{২}}$$
$$= ব^২\left(২ + \frac{২}{\sqrt{২}}\right) = ব^২(২ + \sqrt{২})$$

$$\therefore স = ব\sqrt{২ + \sqrt{২}}$$

৫। পূর্ব্বোক্ত প্রশ্নে যদি প্রযুক্ত সমবলদ্বয়ের অভিমুখের অন্তর্গত কোণ ৬০° অংশ হইত তাহা হইলে সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ কত হইত?

$$স^২ = ২ব^২ + ২ব^২ \tfrac{১}{২} = ৩ব^২, \therefore স = ব\sqrt{৩}।$$

৬। যদি কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত বল দ্বয়ের অবনতি ১৩৫° হয় আর যদি তাহাদের সঙ্ঘাত বল তাহাদের মধ্যে লঘুটির সমান হয় তাহা হইলে তাহাদিগের অনুপাত কত হইবে?

মনেকর প ও ব যেন প্রযুক্ত বল দ্বয়ের মান এবং তাহাদের সঙ্ঘাত বল স যেন লঘু বল ব এর সমান।

$$স^২ = প^২ + ব^২ + ২ পব \text{ কোশিন } ১৩৫°$$
$$\therefore ব^২ = প^২ + ব^২ - ২পব \text{ কোশিন } ৪৫°।$$

$$\therefore \text{০} = \text{প}^2 - \text{২পব কোশিন ৪৫}^\circ$$

$$\therefore \text{প} = \text{২ ব কোশিন ৪৫}^\circ = \text{২ব} \frac{\text{১}}{\sqrt{\text{২}}} = \text{ব}\sqrt{\text{২}}$$

$$\therefore \text{প} : \text{ব} = \sqrt{\text{২}} : \text{১}$$

৭। যদি কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত বল দ্বয়ের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ তাহাদের সমষ্টির এক তৃতীয়াংশ হয়, তাহা হইলে তাহাদের অভিমুখের অন্তর্গত কোণ কত হইবে?

মনে কর প ও ব যেন প্রযুক্ত বল, অতএব $\frac{\text{১}}{\text{৩}}$(প+ব) উহাদের সঙ্ঘাত বল, সুতরাং ক যদি নিরূপণীয় কোণ হয় তাহা হইলে

$$\frac{\text{১}}{\text{৯}}(\text{প}+\text{ব})^2 = \text{প}^2 + \text{ব}^2 + \text{২ পব কোশিন ক}$$

$$\therefore \frac{\text{প}^2 + \text{২পব} + \text{ব}^2}{\text{৯}} - \text{প}^2 - \text{ব}^2 = \text{২পবকোশিনক}$$

$$\therefore \frac{\text{২পব} - \text{৮প}^2 - \text{৮ব}^2}{\text{৯}} = \text{২পব কোশিন ক}$$

$$\therefore \text{কোশিন ক} = \frac{\text{২পব} - \text{৮}(\text{প}^2 + \text{ব}^2)}{\text{১৮ পব}}$$

৮। কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত দুইটী সমবলের অবনতি অ; উহাদের অন্তর্গত কোণের কি কি পরিমাণে বৃদ্ধি হইলে সঙ্ঘাত বল যাহা ছিল তাহার শা-অংশের এক অংশ মাত্র হইবে।

মনে কর, সমবল দ্বয়ের পরিমাণ ব, যদি উহাদের অন্তর্গত কোণ অ হইলে সঙ্ঘাত বল স হয়, তাহা হইলে যখন সঙ্ঘাত বল $\frac{\text{স}}{\text{শা}}$ তখন অন্তর্গত কোণ কত হইবে?

বিবেচনা কর ক যেন নির্ণেয় কোণ। এক্ষণে দেখ

$স^২ = ব^২ + ব^২ + ২ব^২$ কোশিন ক

$= ২ব^২ (১ +$ কোশিন ক$)$

$= ৪ ব^২$ কোশিন $\frac{২ক}{২}$

কল্পনানুসারে,

$$\frac{৪ব^২ \text{ কোশিন } \frac{২ক}{২}}{শ^২} = ব^২ + ব^২ + ব^২ \text{ কোশিন ক}$$

$= ২ ব^২ (১ +$ কোশিন ক।

$= ৪ ব^২$ কোশিন $\frac{২ক}{২}$

কোশিন $\frac{অ}{২}$

$\therefore$ কোশিন $\frac{ক}{২} =$ স

৮। ৬ সের ও ৫ সের পরিমিত দুইটী বলের অভিমুখের অন্তর্গত কোণের কোশিন = ঙ; উহাদের সঙ্ঘাত বল নির্ণয় কর।

$স^২ = ৬^২ + ৫^২ + ২.৬.৫.$ঙ

$= ৮১, \therefore স = ৯$ সের।

৯। ১১ সের ও $৫\sqrt{৩}$ সের পরিমিত দুইটী বলের সঙ্ঘাত বল ১৯ সের. উহাদের অন্তর্গত কোণের পরিমাণ কত?

$\therefore ১৯^২ = ১১^২ + (৫\sqrt{৩})^২ + ২.১১.৫\sqrt{৩}$ কোশিন ক।

$\therefore ১৬৫ = ১১০\sqrt{৩}$ কোশিন ক

$\therefore$ কোশিন ক $= \frac{৩}{২\sqrt{৩}} = \frac{\sqrt{৩}}{২} =$ কোশিন ৩০°

$\therefore ক = ৩০°$।

১০। কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত দুইটী বলের অনুপাত ২ : $\sqrt{৩}$ এবং উহাদের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ উহাদের মধ্যে বৃহত্তরটীর অর্দ্ধেক। উহাদের অন্তর্গত কোণের পরিমাণ নিরূপণ কর।

$$ব^২ = (২ব)^২ + (ব\sqrt{৩})^২ + ২.২ব.\ ব\sqrt{৩}\ কোশিন\ ক$$

$$= ৪ব^২ + ৩ব^২ + ৪ব^২\sqrt{৩}\ কোশিন\ ক$$

$$\therefore কোশিন\ ক = -\frac{৬ব^২}{৪ব^২\sqrt{৩}} = -\frac{\sqrt{৩}}{২} = কোশিন\ ১৫০^\circ$$

$$\therefore ক = ১৫০^\circ$$

১১। বল বিষয়ক ত্রিকোণী ক্ষেত্র প্রতিজ্ঞার উদ্দেশ্য কি বল। (৪৭ অয় ৫৮ পৃষ্ঠা ১৫ হইতে ২২ পংক্তি)।

১২। সপ্রমাণ কর যে কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত সাম্য ভাবাপন্ন তিনটী বল অভিমুখের সহিত সমান্তর ভাবে ঋজু রেখা টানিয়া একটী ত্রিভুজ অঙ্কিত করা যায় তাহা হইলে সেই ত্রিভুজের ভুজ গুলি প্রযুক্ত বল গুলির সহিত সমানুপাতিক হইবে।

মনে কর. (৫৯ পৃষ্ঠার ১ম চিত্র দেখ) ক বিন্দুতে প্রযুক্ত সাম্যভাবাপন্ন প, ব, স তিনটী বলের অভিমুখের সহিত সমান্তর ভাবে কগ. গখ, খক. ঋজু রেখা টানিয়া কগখ ত্রিভুজটী অঙ্কিত করা গেল। ইহার কগ গখ খক ভুজ গুলি প, ব, স বলের সহিত সমানুপাতিক হইবে। কখ সমান্তরিক অঙ্কিত করিলে প্রতীয়মান হইবে কখ রেখা প ও ব-এর সঙ্ঘাত বল সূচক। সুতরাং খক, স বলের সূচক। আর কগ ও গখ. প ও ব-এর সূচক। অতএব

প : ব : স : : কগ : গখ : খক।

১৩। সপ্রমাণ কর যে কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত বলত্রয় যদি সাম্য ভাবাপন্ন হয়, তাহা হইলে তাহাদের মধ্যে প্রত্যেকটি অপর দুইটীর মধ্যস্থিত কোণের শিঞ্জিনীর সহিত সমানুপাতিক। (৫৯ পৃষ্ঠার ১ম চিত্র দেখ)

প : ব : স : : কগ : গখ : খক

: : শিন গখক : শিন খকগ : শিন খগক

: : শিন খকব : শিন পকস : শিন পকস

: : শিন বকস : শিন পকস : শিন পকব

১৪। একাধিক সমতলস্থিত বল সমূহের সঙ্ঘাত বল কিরূপে নিরূপণ করিতে হয়? (৪৮ অনুচ্ছেদ)

১৫। যদি $ব_১$ $ব_২$ $ব_৩$ ...... কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত বল সমূহের সূচক হয় এবং কোন নির্দ্দিষ্ট রেখার সহিত বলগুলির অভিমুখের সম্পাতে $ক_১$ $ক_২$ $ক_৩$ ... ... কোণ উৎপন্ন হয়, আর যদি উহাদের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ স হয় এবং স-এর অভিমুখ ও উক্ত নির্দ্দিষ্ট ঋজু রেখার মধ্যস্থিত কোণের পরিমাণ অ হয়, সপ্রমাণ কর যে, তাহা হইলে ১মতঃ,

$$স \text{ কোশিন } অ = ব_১ \text{ কোশিন } ক^২ + ব_২ \text{ কোশিন } ক_২ + \ldots$$
$$= ঘ (ব \text{ কোশিন } ক)$$

$$\text{এবং } স \text{ শিন } অ = ব_১ \text{ শিন } ক_১ + ব_২ \text{ শিন } ক_২ + \ldots \ldots$$
$$= ঘ (ব \text{ শিন } ক)$$

$$২য়তঃ.\ স^২ = (ঘব \text{ কোশিন } ক)^২ + (ঘব \text{ শিন } ক)^২$$

$$৩য়তঃ,\ \text{পশি } অ = \frac{ঘ (ব \text{ শিন } ক)}{ঘ (ব \text{ কোশিন } ক)}$$

এবং সাম্যাবস্থায়

$$স (ব \text{ শিন } ক) = ০, \text{ এবং } ঘ (ব \text{ কোশিন } ক) = ০।$$

১৬। কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত ৩ সের, ২ সের ও ৪ সের পরিমিত বলত্রয়ের অভিমুখের সহিত কোন নির্দ্দিষ্ট ঋজু রেখার সম্পাতে যদি ক্রমান্বয়ে ৪৫°, ৬০° ও ১২০° অংশ পরিমিত কোণ উৎপন্ন হয় তাহা হইলে তাহাদের সঙ্ঘাত বলের দিক ও পরিমাণ কিরূপ হইবে ?

মনে কর স ঐ সকল বলের সঙ্ঘাত বল এবং নির্দ্দিষ্ট রেখার সহিত স এর অভিমুখে সঙ্ঘাত যে কোণ উৎপন্ন তাহার পরিমান ক্ষ। একণে দেখ,

$$\text{স কোশিন ক্ষ} = ৩ \text{ কোশিন } ৪৫^\circ + ২ \text{ কোশিন } ৬০^\circ + ৪ \text{ কোশিন } ১২০^\circ$$

$$\text{স শিন ক্ষ} = ৩ \text{ শিন } ৪৫^\circ + ২ \text{ শিন } ৬০ + ৪ \text{ শিন } ১২০^\circ$$

$$\therefore \text{ স কোশিন ক্ষ} = \frac{৩}{\sqrt{২}} + ১ - ২ = \frac{৩}{\sqrt{২}} - ১ = \frac{৩ - \sqrt{২}}{\sqrt{২}}$$

$$\text{স শিন ক্ষ} = \frac{৩}{\sqrt{২}} + \sqrt{৩} + ২\sqrt{৩} = \frac{৩}{\sqrt{২}} + ৩\sqrt{৩}$$

$$= \frac{৩ + ৩\sqrt{৬}}{\sqrt{২}}$$

$$\therefore \text{ স}^২ = \left(\frac{৩ - \sqrt{২}}{\sqrt{২}}\right)^২ + \left(\frac{৩ + ৩\sqrt{৬}}{\sqrt{২}}\right)^২$$

$$= \frac{৭৪ + ১৮\sqrt{৬} - ৬\sqrt{২}}{২}$$

$$= ৩৭ + ৯\sqrt{৬} - ৩\sqrt{২}$$

$$\therefore \text{ স} = \sqrt{(৩৭ + ৯\sqrt{৬} - ৩\sqrt{২})}$$

$$\text{এবং পশি ক্ষ} = \frac{৩ + ৩\sqrt{৬}}{৩ - \sqrt{২}}$$

১৭। ১, ২, ৩, ৪. ও ৫ সের পরিমাণ ৫টী বল কোন পরমাণুকে আকর্ষণ করিতেছে, কোন নির্দ্দিষ্ট সরল রেখার সহিত উহাদের অভিমুখের সম্পাতে যথাক্রমে ৩০°, ৪৫°, ৬০°, ৯০°, ১২০° কোণ উৎপন্ন করিতেছে। উহাদের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ ও দিক নির্ণয় কর।

$$স = \sqrt{৭৪ + ৩৫\sqrt{৩} + ৭\sqrt{২} + ৯\sqrt{৬}},$$

$$পাশি\ ক = \frac{৯ + ২\sqrt{২} + ৮\sqrt{৩}}{\sqrt{৩} + ২\sqrt{২} - ২}$$

৪র্থ পরিচ্ছেদের প্রশ্নাবলী।

১। ভারকেন্দ্র কাহাকে বলে?

জড়দ্রব্যের অণু সকল যে সমস্ত সমান্তর বল দ্বারা স্ব স্ব নিম্নাভিমুখে আকৃষ্ট হয় সেই সকল সমান্তর বল সমূহের কেন্দ্র অর্থাৎ তাহাদের সঙ্ঘাত বলের কার্য্য-স্থানকে দ্রব্যাদির ভার কেন্দ্র বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়। (৫৭ অনুচ্ছেদে বিস্তারিত রূপে লিখিত হইয়াছে)।

২। দুইটী জড়াত্মক অনুর ভার ও অবস্থিতি জানা আছে, উহাদের ভার কেন্দ্র নিরূপণ কর।

মনে কর প্রস্তাবিত দুই অণু যেন ক ও খ বিন্দুতে অবস্থিত এবং উহাদের ভার ক্রমান্বয়ে $ভা_১$ ও $ভা_২$। কখ ঋজুরেখা টান এবং কখ এর মধ্যে ক নামক এমন একটী বিন্দু লও, যে $ভা_১ \times কক$ যেন $ভা_২ \times খক$ এর সমান হয়।

৩। কতকগুলি জড়াত্মক অণুর ভার ও অবস্থিতি জানা আছে, উহাদের ভারকেন্দ্র অবধারণ কর। (৫২ অনুচ্ছেদ)।

৪। সমঘন দণ্ডের ভারকেন্দ্র নির্ণয় কর।

(৫৩ অনুচ্ছেদ)।

৫। সমান্তরিক সদৃশ অতি সূক্ষ্ম সমসান্দ্র দ্রব্যের ভারকেন্দ্র নিরূপণ কর।

মনে কর, কখগঘ একটী সমান্তরিক সদৃশ অতিসূক্ষ্ম ও সমসান্দ্র দ্রব্য। কখ ও গঘকে, যথাক্রমে চ ও ছ বিন্দুতে সমদ্বিখণ্ডিত করিয়া চছ রেখা টান। এবং কঘ ও খগকে যথাক্রমে প ও ব বিন্দুতে সমদ্বিখণ্ডিত করিয়া পব রেখা টান। কখগঘ সমান্তরিককে কখএর সহিত সমান্তর কতকগুলি ঋজুরেখার সমষ্টি বলিয়া কল্পনা করা যাইতে পারে। সুতরাং ঐ সকল ঋজুরেখার ভারকেন্দ্র তাহাদের মধ্যবিন্দুতে অবস্থিত সুতরাং উহাদের ভার কেন্দ্রগুলি চছ রেখায় অবস্থিত। অতএব সমুদায় সমান্তরিকের ভারকেন্দ্রও চছ রেখায় অবস্থিত। এই রূপে আরও সপ্রমাণ করা যাইতে পারে যে উহার ভারকেন্দ্র পব রেখায় অবস্থিত। সুতরাং স্বীকার করিতে হইবে যে এই দুই রেখার সম্পাত বিন্দুই সমান্তরিকের ভারকেন্দ্র। অতএব প্রতীয়মান হইল যে সম্মুখীন বাহুর মধ্য বিন্দু যে দুইটী রেখা দ্বারা সংযুক্ত তাহাদের সম্পাত বিন্দুই সমান্তরিকের ভারকেন্দ্র।

৬। ত্রিভুজ ক্ষেত্রের ভারকেন্দ্র স্থির কর।

(৫৪ অনুচ্ছেদ)।

৭। ত্রিকোণী, বহুকোণী এবং বৃত্ত সূচীর ভারকেন্দ্র স্থির কর। (৫৫, ৫৬ ও ৫৭ অনুচ্ছেদ)।

৮। স্থায়ী, অস্থায়ী ও উদাসীন সাম্যভার কাহাকে বলে, দৃষ্টান্ত দ্বারা বুঝাইয়া দাও। (৫৮অনুচ্ছেদ।)

৯। জ যদি কখগ ত্রিভুজের ভারকেন্দ্র বিন্দু হয়, সপ্রমাণ কর যে তাহা হইলে জক, জখ, ও জগ এর অভিমুখে উহাদের সমানুপাতিক তিনটী বল প্রযুক্ত হইলে জ বিন্দুটী সাম্যাবস্থায় অবস্থিত থাকিবে।

কজখঘ সমান্তরিক অঙ্কিত করিয়া জঘ যোগ করিয়া দাও। জঘ ও কখ কর্ণ দ্বয় পরস্পরকে চ বিন্দুতে সমদ্বিখণ্ডিত করিতেছে। বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে চ, জ, গ, বিন্দুত্রয় একই ঋজুরেখাতে অবস্থিত। এক্ষণে দেখ ঘজ = ২ চজ = গজ। সুতরাং বল সমান্তরিকের নিয়মানুসারে জক, জখ, জগ সাম্যভাবাপন্ন হইবে।

১০। ক, খ, গ তিনটী দ্রব্যের ভারের অনুপাত ৩ : ২ : ১ এবং কখ = ৫, খগ = ৪ ও গক = ২ ফুট, গ হইতে উহাদের ভারকেন্দ্রের দূরত্ব নিরূপণ কর।

মনে কর চ যেন কখ এর ভারকেন্দ্র। এক্ষণে বিবেচনা করিলেই প্রতীতি হইবে খচ = ৩ফুট, গ হইতে কখ-এর উপর গঘ লম্বপাত কর এবং গচ যোগ কর।

জ্যামিতি অনুসারে, $খগ^২ - খঘ^২ = কগ^২ - (কখ - ঘখ)^২$

$$\therefore খঘ = \frac{কখ^২ + খগ^২ - কগ^২}{২ কখ} = ৩\frac{৭}{১০}$$

∴ চঘ = ৩$\frac{৭}{১০}$ − ৩ = $\frac{৭}{১০}$

আবার দেখ গচ^{২} = খগ^{২} − খচ^{২} − ২ খচ·চঘ

= ১৬ − ৯ − ২ × ৩ × $\frac{৭}{১০}$ = $\frac{২৮}{১০}$

গচ = ১.৬৭৩৩২

অতএব জ যদি চ বিন্দুতে কার্য্যকারী ৫ এবং গ বিন্দুতে কার্য্যকারী ১ পরিমিত ভারের ভারকেন্দ্র হয়, তাহা হইলে গজ : চজ : : ৫ : ১

∴ গজ = চগ × $\frac{৫}{৬}$ = $\frac{১৬.৭৩৩২}{১২}$

= ১.৩৯৪৪।

১১। কোন ত্রিভুজের তিনটী কোণে তিনটী দ্রব্য স্থাপিত আছে, উহাদের ভারকেন্দ্র স্ব স্ব সম্মুখীন বাহুর সহিত সমানুপাতিক. সপ্রমাণ কর যে উহাদের ভারকেন্দ্র ত্রিভুজের অন্তর্গত বৃত্তের কেন্দ্রের সহিত অভিন্ন।

মনে কর ক, খ, গ এর ভার যেন ক্রমান্বয়ে প, ব ও স। ক, খ, গ কোণ তিনটীকে সমদ্বিখণ্ডিত করিয়া কচ, খচ ও গজ রেখা টান। জ্যামিতি অনুসারে,

খচ : গচ : : কখ : গক : : স : ব

∴ খচ × ব = গচ × স

অতএব ব ও স এর ভারকেন্দ্র চ বিন্দুতে সুতরাং প, ব ও স তিনেরই ভারকেন্দ্র কচ রেখায় অবস্থিত। এই রূপে সপ্রমাণ করা যাইতে পারে যে ইহাদের ভার-কেন্দ্র, খছ ও গজ রেখাতেও অবস্থিত। অতএব কচ, খছ ও গজ রেখাত্রয়ের সম্পাত বিন্দুই উহাদের

ভারকেন্দ্র। কিন্তু উক্ত সম্পাত বিন্দুই অন্তর্গত বৃত্তের কেন্দ্র; সুতরাং প, ব, সএর ভারকেন্দ্র অন্তর্গত বৃত্তের কেন্দ্রের সহিত অভিন্ন। .

১২। কোন ত্রিভুজের তিনটী কোণে যদি তিনটী সমভার বিশিষ্ট দ্রব্য স্থাপন করা যায়, তাহা হইলে ত্রিভুজের ভারকেন্দ্রের সহিত তাহাদের ভারকেন্দ্রে একে বারে অভিন্ন হইবে।

মনে কর কখগ একটী ত্রিভুজ। খ ও গ স্থিত দ্রব্য-দ্বয়ের ভারকেন্দ্র খগ রেখার মধ্য বিন্দু চ কেননা উহাদের ভার সমান। কচ যোগ কর এবং উহাকে জ বিন্দুতে এরূপে বিভাগ কর যে কজ : জচ : : ২ : ১। বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে প্রস্তাবিত সমভার বিশিষ্ট তিনটী দ্রব্যের ভারকেন্দ্র জ। আর জ যে কখগ ত্রিভুজেরও ভারকেন্দ্র, ইহা বলা বাহুল্য মাত্র।

১৩। কোন সম ষড় ভুজ ক্ষেত্রের পাঁচটী কোণে পাঁচটী সমভার বিশিষ্ট দ্রব্য স্থাপন করা গেল, উহাদের ভার-কেন্দ্র কোথায় হইবে ?

যদি ৬টী কোণে ৬টী সমভার বিশিষ্ট দ্রব্য স্থাপন করা হইত তাহা হইলে তাহাদের ভারকেন্দ্র ষড়ভুজের মধ্য বিন্দুতে অবস্থিত হইত। মনে কর কখগ ঘচছ সম ষড়ভুজ ক্ষেত্রের কখগঘচ কোণে পাঁচটী দ্রব্য স্থাপিত হইয়াছে। কছ যোগ কর, মনে কর অ যেন কছএর মধ্য বিন্দু। বিবেচনা করিয়া দেখিলে প্রতীত হইবে প্রস্তাবিত দ্রব্য কয়েকটীর ভার কেন্দ্র কঅএর অন্তর্গত জ নামক কোন

বিন্দুতে অবস্থিত। এক্ষণে দেখ জ ও ছ এর ভারকেন্দ্র অ সুতরাং

অজ : অছ : : ভা : ৫ ভা

∴ অজ = $\frac{১}{৫}$ অছ = $\frac{১}{৫}$ × ষড়ভুজের এক বাহু।

অনুমান। স সংখ্যক কোন সমভুজ ক্ষেত্রের (স—১) কোণে যদি সমভার বিশিষ্ট (স—১) দ্রব্য স্থাপন করা যায় তাহা হইলে, তাহাদের ভারকেন্দ্র ঐরূপ $\frac{১}{স—১}$ × উহার এক বাহু।

১৪। যদি কোন ত্রিভুজের তিনটী কোণ স্থিত তিনটী ভারী দ্রব্যের ভারকেন্দ্র উক্ত ত্রিভুজের ভারকেন্দ্রের সহিত অভিন্ন হয় তাহা হইলে উহারা সমভার হইবে।

বিবেচনা করিয়া দেখিলেই বোধ হইবে, খ ও গ স্থিত দ্রব্যের ভারের সমষ্টি যদি ক স্থিত দ্রব্যের ভারের দ্বিগুণ না হয় তাহা হইলে ত্রিভুজের ভারকেন্দ্রের ন্যায় উহাদের ভারকেন্দ্রে কচ রেখার অন্তর্গত জ নামক এরূপ বিন্দুটীতে অবস্থিত হইবে না যে কজ = $\frac{২}{৩}$ কচ। আবার খ ও গ স্থিত দ্রব্যের ভার সমান না হইলেও উহাদের ভারকেন্দ্র খগ রেখার মধ্য বিন্দু চ-তে অবস্থিত হইবে না। সুতরাং উহাদের ভার সমান।

১৫। যদি তিন ব্যক্তি এক খানি ত্রিভুজাকার তক্তার তিন কোণে মস্তক দিয়া তাহাকে ধারণ করে তাহা হইলে উহাদের প্রত্যেককে কি পরিমাণ বল প্রয়োগ করিতে হইবে?

তক্তা খানি স্বীয় ভারবশতঃ উহার ভারকেন্দ্রের নিম্নাভিমুখে আকৃষ্ট হইতেছে; সুতরাং স্বীকার করিতে হইবে উক্ত তিন ব্যক্তির বলের সঙ্ঘাত বল তক্তার ভার-কেন্দ্রদিয়া ঊর্দ্ধাভিমুখে কার্য্যকারী না হইলে সাম্যাবস্থা হওয়া অসম্ভব; কিন্তু ঐ সকল বল সমান না হইলে উহাদের সঙ্ঘাত বল ত্রিভুজের ভারকেন্দ্র দিয়া কার্য্যকারী হইবে না, ইহা পূর্ব্ব প্রশ্নের উত্তর স্থলে উল্লিখিত হইয়াছে অতএব ঐ তিন ব্যক্তি সমান বলে তক্তা খানিকে ধারণ করিতেছে ইহা বলা বাহুল্য মাত্র।

১৬। ৩ ফুট লম্বা একটী দণ্ডের ভার ৪ সের এবং উহার এক প্রান্তে একটী ২ সের ভার লম্বিত আছে, ঐ দণ্ডের ভারকেন্দ্র নির্ণয় কর।

৪ + ২ : ৪ : : ১ই : ১।

অর্থাৎ ২ সের ভারযুক্ত প্রান্ত হইতে ১ ফুট দূরে।

১৭। কোন ত্রিভুজের ভূমির সহিত সমান্তর ভাবে একটী রেখা টানিয়া উহার এক চতুর্থাংশ ছেদ করা গেল; অবশিষ্টাংশের ভারকেন্দ্র নির্ণয় কর।

মনে কর, কখগ ত্রিভুজের খগ ভূমির সহিত সমান্তর ভাবে পব রেখা টানিয়া ৳ কপব = ¼ কখগ করা গেল। কএর সহিত খগএর মধ্য বিন্দু চ কে যোগ কর। আর মনে কর যেন জ´, জ ও ঝ যথাক্রমে, কপব, কখগ ও পখগব এর ভারকেন্দ্র।

ঝজ : জজ´ : : ৳ কপব : পখগব ক্ষেত্র

: : ১ : ৩

∴ ৩ঝজ = জজ´

∴ ৩ (কঝ—কজ) = কঞ্জ = কজ´ $\frac{২}{৩}$ কচ — $\frac{১}{৩}$ কচ,

∴ ৩ কঝ — ৩ কজ = $\frac{১}{৩}$ কচ

∴ ৩ কঝ — ২ কচ = $\frac{১}{৩}$ কচ

∴ ৩ কঝ = $\frac{৭}{৩}$ কচ, ∴ কঝ = $\frac{৭}{৯}$ কচ,

১৮। কখগঘ একটী সমান্তরিক, উহার কখগ কোণ= ৬০° এবং খগ ভূমি = ৬ ইঞ্চি; বল দেখি কখ কত দূর উচ্চ করিলেও সমান্তরিকটী খগএর উপর স্থির ভাবে থাকিবে?

কোশিন ৬০° = $\frac{খগ}{খক}$ = $\frac{৬}{খক}$, ∴ খক=১২ ইঞ্চি।

∴ $\frac{১}{২}$ = $\frac{৬}{খক}$

৫ম পরিচ্ছেদ।

বল বৈজ্ঞানিক যন্ত্র বিষয়ক প্রশ্নাবলী।

১। যন্ত্র কাহাকে বলে? বিশুদ্ধ যন্ত্র সমুদায়ে কত প্রকার। যন্ত্র স্থলে বল ও ভার বলিতে কি বুঝায়? যন্ত্রের কার্য্যকারিত্ব কিরূপে পরিমিত হয়? (৫৯ অনুচ্ছেদ)

২। দণ্ড যন্ত্র কাহাকে বলে? সরল ও বক্র দণ্ড যন্ত্রে প্রভেদ কি? অবলম্ব শব্দের অর্থ কি? অবলম্ব, বল ও ভারের অবস্থিতি ভেদে দণ্ড যন্ত্র কয় শ্রেণীতে বিভক্ত হইয়া থাকে? (৬১ ও ৬২ অনুচ্ছেদ)।

৩। অবলম্ব মধ্যক, ভার মধ্যক ও বলমধ্যক দণ্ড যন্ত্রের কতিপয় সামান্য উদাহরণ প্রদর্শন কর। (৬৫ অনুচ্ছেদ)।

৪। দণ্ড যন্ত্রের ভুজ বলিতে কি বুঝায়?

(৬৩ অনুচ্ছেদ

৫। কিরূপ স্থলে দণ্ড যন্ত্রের সাম্যাবস্থা হয়?

× ভারের সহিত বলের যে অনুপাত বল সন্নিহিত ভুজের সহিত ভার সন্নিহিত ভুজের সেই অনুপাত হইলে দণ্ড যন্ত্রের সাম্যাবস্থা হয়। বল ও ভারকে স্ব স্ব সন্নিহিত ভুজ দিয়া গুণ করিলে যদি গুণফল সমান হয় তাহা হইলে সাম্যভাব হয়। অর্থাৎ ভা : ব : : বল সন্নিহিত ভুজ : ভার সন্নিহিত ভুজ বা ভা × ভার সন্নিহিত ভুজ=ব × বল সন্নিহিত ভুজ, না হইলে সাম্যাবস্থা হয় না।

৬। দণ্ড যন্ত্রের কার্য্য প্রণালী হইতে সপ্রমাণ কর, যে যন্ত্র দ্বারা বলের লাভ করিতে গেলে বেগ ও সময়ের লোকসান করিতে হয়।

(৮২ পৃষ্ঠা ১৭ পঙক্তি হইতে ৮৩ পৃষ্ঠা ১১ পঙক্তি পর্য্যন্ত

৭। কোন সরল দণ্ড যন্ত্রের ভুজদ্বয় ক্রমান্বয়ে ১০ ইঞ্চি ও ১৪ ইঞ্চি; ১০ ইঞ্চি দীর্ঘ ভুজটী ২৮ সের ভার সংযুক্ত হইলে, উহারে সাম্যাবস্থায় রাখিবার নিমিত্ত ১৪ ইঞ্চি দীর্ঘ ভুজটীতে কত ভার প্রয়োগ করা আবশ্যক?

১৪ : ১০ : : ২৮ : ২০। উত্তর ২০ সের।

৮। কোন দণ্ড যন্ত্রের এক প্রান্তে ৫ সের ও অপর প্রান্তে ৭ সের ভার সংযুক্ত করিয়া দিলে উহা সাম্যভাবে থাকে। বৃহত্তর ভারটী যে প্রান্তে সংযুক্ত তাহার দৈর্ঘ্য ২ফুট ১ ইঞ্চি। অপর বাহুর দৈর্ঘ্য নিরূপণ কর।

৫ সের : ৭সের : : ২৫ ইঞ্চি : ৩৫ইঞ্চি (উত্তর ২ফুট ১১ইঞ্চি

৯। কোন সাম্যভাবাপন্ন ১০ ফুট দীর্ঘ দণ্ড যন্ত্রের প্রান্তদ্বয় যথাক্রমে ৬ সের ও ৯ সের ভার সম্পন্ন; উহার অবলম্ব স্থল নিরূপণ কর।

বিবেচনা করিয়া দেখিলেই বোধ হইবে উভয় প্রান্তের ভারের সমষ্টির সহিত ৯ সের ভারের যে অনুপাত, দণ্ডটীর সমুদায় দৈর্ঘ্যের সহিত ৬ সের যুক্ত ভুজের সেই অনুপাত। অর্থাৎ ৯ + ৬সের : ৯ সের : : ১০ ফুট: ৬ফুট অর্থাৎ ৬ সের ভার যুক্ত প্রান্ত হইতে অবলম্ব স্থল ৬ফুট অন্তরে অবস্থিত।

১০। কোন সাম্য ভাবাপন্ন সরল দণ্ড যন্ত্রের প্রান্তদ্বয় যথাক্রমে ১২ ইঞ্চি ও ১৮ ইঞ্চি দীর্ঘ ভুজটী যদি ৩ সের ভার সমন্বিত হয় তাহা হইলে অবলম্বের উপর কত চাপ লাগিবে?

অবলম্বের উপর যে চাপ লাগিবে তাহার উভয়দিকের ভারের সমষ্টির তুল্য, পরন্তু ১২ ইঞ্চি পরিমিত বাহু যদি ৩ সের ভার সংযুক্ত হয় তাহা হইলে সাম্যাবস্থায় অপর ভুজটী ২ সের ভার সম্পন্ন হইবে, কেননা ১৮ : ১২ : : ৩ : ২। অতএব অবলম্বের উপর ৩ + ২ = ৫ সের প্রমাণ চাপ লাগিবে।

১১। যদি কোন দণ্ড যন্ত্রের অবলম্বের উপর ১৫ সের প্রমাণ চাপ পড়ে এবং উভয় প্রান্তস্থ ভারদ্বয়ের বিয়োগ ফলের পরিমাণ ৩সের হয়; তাহা হইলে প্রযুক্ত ভারদ্বয়ের পরিমাণ এবং ভুজ দ্বয়ের দৈর্ঘ্যের অনুপাত কিরূপ হইবে স্থির কর।

ক ও খ যদি ভারদ্বয়ের পরিমাণ হয় তাহা হইলে ক+খ=১৫ এবং ক—খ=৩ সের। ∴ ক=৯ ও খ=৬ সে এবং ভুজদ্বয়ের অনুপাত ৬ : ৯=২ : ৩।

১২। কোন ভারমধ্যক দণ্ড যন্ত্রের অবলম্ব স্থল হইতে ৮ইঞ্চি অন্তরে ২৪ পরিমিত একটী ভার প্রযুক্ত হইলে ৪ সের পরিমিত বল দ্বারা উাহারে সাম্যাবস্থায় রাখিতে হইলে তৎসন্নিহিত বাহুর দৈর্ঘ্য কিরূপ হওয়া আবশ্যক।

উত্তর। ৪ : ২৪ : : ৮ : ৪৮ ইঞ্চি বা ৪ ফুট

১৩। কোন সাম্যভাবাপন্ন বলমধ্যক দণ্ডযন্ত্রের ভুজদ্বয়ের অন্তর ২ইঞ্চি আর প্রযুক্ত বলদ্বয়ের পরিমাণ ক্রমান্বয়ে ৮সের ও ১০ সের ; ভার সন্নিহিত ভুজের পরিমাণ নিরূপণ কর

বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে এস্থলে ১০ সের বলস্থানীয় ও ৮ সের ভারস্থানীয়। অতএব ক ইঞ্চি যদি ৮ সের যুক্ত ভুজের পরিমাণ হয় তাহা হইলে

৮ : ১০ : : ক—২ : ক

২ ক = ২০ ; ∴ ক=১০ ইঞ্চি।

১৪। নিক্তি কি প্রকার দণ্ড যন্ত্রের উদাহরণ স্থল? উৎকৃষ্ট নিক্তির কি কি গুণ থাকা আবশ্যক ?

(৬৭ অনুচ্ছেদ।)

১৫। যদি কোন নিক্তির ভুজদ্বয় ১৯ ইঞ্চি ও ২০ ইঞ্চি হয়, আর যদি দীর্ঘ ভুজ হইতে লম্বিত পাল্লায় বাটখারা চড়াইয়া অপর পাল্লায় কোন দ্রব্যকে ওজন করিলে সেই দ্রব্যের ভার ৩৮ ভরী হয় তাহা হইলে সেই দ্রব্যের প্রকৃত ভার কত ?

স্পষ্টই লক্ষিত হইতেছে, ১৯ কে দ্রব্যটীর প্রকৃত ভার দিয়া গুণ করিলে ২০ ও ৩৮ এর গুণফলের সমান হইবে। অতএব ক যদি বস্তুটীর প্রকৃত ভার হয় তাহা হইলে,

$$২০ \times ৩৮ = ১৯ \times ক, \therefore ক = ৪০ \text{ ভরী।}$$

১৬। যদি কোন নিক্তির বাহুদ্বয় ঠিক সমান না হয় আর যদি উহার দুই পাল্লায় ক্রমান্বয়ে কোন দ্রব্যকে রাখিয়া ওজন করিলে তাহার ভার স ও স´ হয় তাহা হইলে ঐ দ্রব্যের প্রকৃত ভার কত?

মনে কর, নিক্তির বাহুদ্বয়ের দৈর্ঘ্য যেন অ এবং অ + ক এবং দ্রব্যটীর প্রকৃত ভার ভা; (অ+ক) বাহু হইতে লম্বিত পাল্লায় বাটখারা চড়াইয়া ওজন করিলে দ্রব্যটী স পরিমিত ভার সম্পন্ন বলিয়া বোধ হয় এবং অ হইতে লম্বিত পাল্লায় বাটখারা রাখিয়া ওজন করিলে স´ ভারী বলিয়া বোধ হয়। এক্ষণে স্পষ্টই লক্ষিত হইতেছে

$$(অ+ক)\,স = ভা \times অ \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots \quad (১)$$

$$\text{এবং } অ\,স' = ভা\,(অ + ক) \quad \ldots\ldots \quad (২)$$

$$(১) \text{ হইতে } ভা = \frac{(অ+ক)স}{অ}$$

$$(২) \text{ হইতে } ভা = \frac{অ\,স'}{অ+ক}$$

$$ভা^২ = \frac{(অ + ক)\,স}{অ} \cdot \frac{অ\,স'}{(অ + ক)} = স\,স'$$

$$\therefore ভা = \sqrt{স\,স'}$$

১৭। কোন নিক্তির বাহুদ্বয় ঠিক সমান না হওয়াতে ১ সের ভারী কোন দ্রব্যকে তাহার এক পাল্লায় রাখিয়া

যদি ল : ল + ১ হয় তাহা হইলে মণ করা দোকানদারের $৪ \cdot \frac{৫}{ল(ল+১)}$ সের লোকসান হয়। যদি ল = ১৫ ইঞ্চি হয় তাহা হইলে মণ করা $\frac{১}{১২}$ সের লোকসান হইয়া থাকে।]

অক্ষচক্র যন্ত্র বিষয়ক প্রশ্নাবলী।

১। সপ্রমাণ কর যে অক্ষচক্র যন্ত্রে,

$$\frac{ভা}{ব} = \frac{চক্রের ব্যাসার্দ্ধ}{অক্ষের ব্যাসার্দ্ধ}$$

হইলে সাম্যভাব হয়। (৬৮ অনুচ্ছেদ)।

২। যে চক্রের ব্যাস ১০ ফুট তাহাতে ১০ সের প্রমাণ বল প্রয়োগ করিলে যদি অক্ষ হইতে লম্বিত ৭॥ সাড়ে সাত মণ ভারের সমতুল হয়, তাহা হইলে অক্ষের ব্যাস পরিমাণ কত?

$$\frac{৩০০ সের}{১০ সের} = \frac{চক্রের ব্যাসার্দ্ধ ৫ ফুট}{অক্ষের ব্যাসার্দ্ধ}$$

$$অক্ষের ব্যাসার্দ্ধ = \frac{৫}{৩০} = \frac{১}{৬} ফুট = ২ ইঞ্চি।$$

৩। পূর্ব্বোক্ত প্রশ্নে যদি চক্র ও অক্ষের রজ্জু যথাক্রমে ১ ইঞ্চি ও ২ ইঞ্চি হয়, তাহা হইলে অক্ষের ব্যাস কত হইবে?

$$\frac{৩০০}{১০} = \frac{৫ ফুট ৫ ইঞ্চি}{অক্ষের ব্যাসার্দ্ধ + ১ ইঞ্চি}$$

$$৩০০ অক্ষের ব্যাসার্দ্ধ + ৩০০ = ৬০৫$$

$$\therefore অক্ষের ব্যাসার্দ্ধ = \frac{৩০৫}{৩০০} = ১\frac{১}{৬০}$$

$$\therefore অক্ষের ব্যাস = ২\frac{১}{৩০} ইঞ্চি।$$

কপি যন্ত্র বিষয়ক প্রশ্নাবলী।

১। সপ্রমাণ কর যে একটী মাত্র অবদ্ধ কপি যন্ত্রে ভা = ২ ব।

২। একটী মাত্র অবদ্ধ কপি সহকারে ৪ সের ভারী কোন দ্রব্য তুলিতে কত বল আবশ্যক?

ভা = ২ ব, ∴ ব = $\frac{৪}{২}$ = ২ সের প্রমাণ বল।

৩। যদি পূর্ব্ব প্রশ্নে কপিটীর ভার ২ সের হয় তাহা হইলেই বা কত বল আবশ্যক?

৬ সের = ২ ব, ∴ ব = ৩ সের।

৪। প্রথম কপি সংহতি স্থলে স যদি অবদ্ধ কপির সংখ্যা হয়, সপ্রমাণ কর যে তাহা হইলে সাম্যাবস্থায় ভা = $২^{স}$ ব।

যদি কোন প্রথম কপি সংহতি স্থলে স = ৬, ব = ২ সের হয় তাহা হইলে ভা কত হইবে?

ভা = $২^{৬}$ × ২০ = ৬৪ × $\frac{১}{২}$ = ৩২ মণ।

৫। সপ্রমাণ কর যে দ্বিতীয় কপি সংহতি স্থলে, ভা = ব × সমান্তর রজ্জুর সংখ্যা।

= ব × ২ × নিম্ন কলকস্থ অবদ্ধ কপির সংখ্যা।

৬। যদি কোন দ্বিতীয় কপি সংহতি স্থলে ৭ সের মাত্র বল দ্বারা ১ মণ ১৬ সের ভার ধৃত হয়, তাহা হইলে অবদ্ধ কপির সংখ্যা কত হইবে।

মনে কর অবদ্ধ কপির সংখ্যা যেন স;

∴ ভা = ব × ২ স।

$$\therefore \quad স = \frac{৫৬}{১৪} = \frac{১ \text{ মণ } ১৬ \text{সের}}{২ \times ৭ \text{ সের}}$$

∴ অবদ্ধ কপির সংখ্যা ৪।

৭। সপ্রমাণ কর যে তৃতীয় কপি সংহতি স্থলে স যদি অবদ্ধ কপির সংখ্যা হয়, তাহা হইলে সাম্যাবস্থায়,

$$ভা = (২^{স} - ১) \text{ ব।}$$

৮। যদি কোন তৃতীয় কপি সংহতি স্থলে ৩ সের মাত্র বল প্রয়োগ করিয়া ৩৮১ সের প্রমাণ ভারী দ্রব্য ধারণ করিতে পারা যায় তাহা হইলে অবদ্ধ কপির সংখ্যা কত।

$$(২^{স} - ১)\, ৩ = ৩৮১, \therefore ২^{স} = \frac{৩৮৪}{৩} = ১২৮, \therefore স = ৭।$$

ক্রমনিম্ন সমতল বিষয়ক প্রশ্নাবলী।

(গ্রন্থ মধ্যে যে যত্র ক্রমনিম্ন ধরাতল বলিয়া উল্লিখিত হইয়াছে তাহাকে ক্রমনিম্ন সমতল বলিয়া নির্দ্দেশ করা সমধিক সঙ্গত)।

ক্রমনিম্ন সমতল স্থলে সমতলের সহিত সমান্তর ভাবে যদি বল প্রয়োগ করা যায় তাহা হইলে সাম্যাবস্থায়,

$$\frac{ভা}{ব} = \frac{\text{সমতলের দৈর্ঘ্য}}{\text{সমতলের উন্নতি}}$$ হয়, এই সূত্রস্মরণ রাখিয়া নিম্নলিখিত দুই প্রশ্ন সমাধান কর।

১। যদি কোন ক্রমনিম্ন সমতলের দৈর্ঘ্য ও উন্নতি ক্রমান্বয়ে ২৫ ও ৫ ফুট হয় তাহা হইলে সমতলের সহিত সমান্তরভাবে কত বল প্রয়োগ করিলে তদুপরিস্থ ৩০০সের

প্রমাণ ভারী বস্তুকে সাম্যাবস্থায় রাখিতে পারা যাইবে।

$\frac{৩০০}{\text{ব}} = \frac{২৫}{৫}$, $\therefore$ ব $=$ ৬০ সের১ই দেড় মণ

২। যদি কোন ক্রমনিম্ন সমতলের দৈর্ঘ্য ও উন্নতির অনুপাত ৫ : ২ হয় আর উহার উর্দ্ধাভিমুখে ১০ সের প্রমাণ বল প্রয়োগ করিয়া যদি কোন দ্রব্যকে উহার উপর স্থির ভাবে রাখিতে পারা যায়, তাহা হইলে সেই দ্রব্যের ভার কত হইবে ?

$$\frac{\text{ভা}}{১০} = \frac{৫}{২}, \quad \text{ভা} = ২৫ \text{ সের।}$$

৩। সপ্রমাণ কর যে কোন ক্রমনিম্ন সমতলের অবনতির পরিমাণ যদি ক হয়, আর যদি তদুপরিস্থ কোন দ্রব্য যে বলপ্রযুক্ত সাম্যভাবে থাকে তাহার পরিমাণ ব এবং তাহার অভিমুখের সহিত ক্রমনিম্ন সমতলের সম্পাতে যে কোণ উৎপন্ন হয় তাহার পরিমাণ শ হয়, তাহা হইলে $\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{\text{কোশিন শ}}{\text{শিন ক}}$। ইহা হইতে আরও সপ্রমাণ কর যে ব বলটী যদি দ্রব্যটীকে প্রস্তাবিত ক্রমনিম্ন সমতলের উর্দ্ধাভিমুখে আকর্ষণ করে তাহা হইলে সাম্যাবস্থায়, $\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{১}{\text{শিন ক}} = \frac{\text{সমতলের দৈর্ঘ্য}}{\text{সমতলের উন্নতি}}$। আর যদি ব বল উক্ত সমতলের ভূমির সহিত সমান্তর ভাবে কার্য্যকারী হয় তাহা হইলে $\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \text{কোপশি ক} = \frac{\text{সমতলের ভূমি}}{\text{সমতলের উন্নতি}}$।

(৯১ পৃষ্ঠা, ৭৬ অনুচ্ছেদ)।

৪। যদি কোন ক্রমনিম্ন সমতলের অবনতি ৩০° হয় আর যদি কোন দ্রব্যকে উহার উপর স্থির করিয়া রাখিতে হইলে উহার ঊর্দ্ধাভিমুখে ১৫ সের প্রমাণ বল প্রয়োগ করিতে হয়, তাহা হইলে সেই দ্রব্যের ভার কত হইবে?

$\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{১}{\text{শিন ক}} \therefore \frac{\text{ভা}}{১৫} = \frac{১}{\text{শিন } ৩০^\circ} = ২ \therefore$ ভা = ৩০ সের।

৫। যদি দুইটী সমোন্নত ক্রমনিম্ন সমতলের অবনতি যথাক্রমে ৬০° ও ৪৫° হয়, আর যদি উহাদের শীর্ষদেশ সংযুক্ত করিয়া তদুপরিস্থিত ভা ও ভা´ পরিমিত দুইটী দ্রব্যকে তাহাদের শীর্ষদেশসংলগ্ন এক গাছি রজ্জুর দ্বারা সংযুক্ত করিলে সেই দুই দ্রব্য স্থির হইয়া থাকে, তাহা হইলে ভা ও ভা´-এর অনুপাত কত হইবে?

স্পষ্টই লক্ষিত হইতেছে ভা = $\frac{\text{ট}}{\text{শিন } ৬০^\circ}$, ও ভা´ = $\frac{\text{ট}}{\text{শিন } ৪৫^\circ} \therefore$ ভা : ভা´ = $\frac{১}{\text{শিন}৬০^\circ} : \frac{১}{\text{শিন } ৪৫^\circ}$ =

শিন ৪৫° : শিন ৬০° = $\frac{১}{\sqrt{২}} : \frac{\sqrt{৩}}{২} = \sqrt{২} : \sqrt{৩}$।

স্ক্রু যন্ত্র।

স্ক্রু যন্ত্রে $\frac{\text{ভা}}{\text{ব}} = \frac{\text{দণ্ডের ঘূর্ণনজনিত বৃত্তের পরিধি}}{\text{সন্নিহিত সূত্রদ্বয়ের অন্তর}}$.

এই সূত্র স্মরণ রাখিয়া নিম্ন লিখিত প্রশ্নটী সমাধা কর।

১। যদি কোন স্ক্রু যন্ত্রের সন্নিহিত সূত্রদ্বয়ের অন্তর ২ ইঞ্চি এবং দণ্ডের পরিমাণ ২০ ইঞ্চি হয়, তাহা হইলে ভা ও ব এর অনুপাত কত হইবে?

ভা : ব = ২ × ২০ π : = ২০ × ৩$\frac{১}{৭}$: ১ = ৪৪০ : ৭।

গতিবিজ্ঞান বিষয়ক প্রশ্নাবলী।

৬ষ্ঠ ও ৭ম পরিচ্ছেদ।

১। বেগ কাহাকে বলে! সম ও বিষম বেগে প্রভেদ কি? ইহাদের পরিমাণ কিরূপে নিরূপিত হয়?
(৮০ অনুচ্ছেদ ১ম পঙ্‌ক্তি এবং ৮১ অনুচ্ছেদ ১ম ৫ পঙক্তি ও শেষ ৬ পঙ্‌ক্তি)।

২। সপ্রমান কর দূ = বেকা।
(৯৮ পৃষ্ঠা ১০ হইতে ১৭ পঙক্তি)।

৩। বর্দ্ধমান বেগ কাহাকে বলে? সম ও বিষম বর্দ্ধমান বেগে প্রভেদ কি? উহাদের পরিমাণ কি রূপে নিরূপিত হয়? (৮২ অনুচ্ছেদ)।

৪। সপ্রমাণ কর বে = মাকা।

৫। পতনশীল বস্তুর বেগ বৃদ্ধির মান ৩২.২, এরূপ বলার তাৎপর্য্য কি?

প্রতি সেকেণ্ডে পতনশীল দ্রব্যে এরূপ বেগের সঞ্চার হয় যে তাহার প্রভাবে সমভাবে গমন করিলে প্রতি সেকেণ্ডে ৩২.২ ফুট করিয়া গমন করিতে পারে।

৬। পতনশীল দ্রব্য কত সেকেণ্ডে কত দূর পড়ে?
(১ সেকেণ্ডে ১৬.১ ফুট, ২ সেকেণ্ডে ১৬ $\times$ ২^{২}, ৩ সেকেণ্ডে ৩^{২} $\times$ ১৬.১ ইত্যাদি)।

৭। হ্রসমান বেগ কাহাকে বলে? (৮৫ অনুচ্ছেদ)

৮। বেগ সমান্তরিক বিষয়ক প্রতিজ্ঞার তাৎপর্য্য কি?

৯। গতির প্রথম নিয়ম কি? (৮৫ অনুচ্ছেদ)
(১০৮ পৃষ্ঠা ৩ হইতে ৬ পঙক্তি)।

১০। গতির দ্বিতীয় নিয়ম কি? কতিপয় দৃষ্টান্ত দ্বারা বুঝাইয়া দেও। (৯০ অনুচ্ছেদ)।

১১। "সামগ্রী ও বেগের গুণফলের সহিত প্রযুক্ত বল সকল সমানুপাতিক" এই বিষয়টী স্পষ্ট করিয়া বুঝাইয়া দাও। (৯১ অনুচ্ছেদ)।

১২। "ক্রিয়া মাত্রেরই এক একটী প্রতিক্রিয়া আছে এবং প্রতিক্রিয়া মাত্রেই স্ব স্ব ক্রিয়ার সমান ও প্রতিমুখে কার্য্যকারী" ইহা উদাহরণ দ্বারা প্রতিপন্ন কর। (৯৩ অনুচ্ছেদ)।

১ম পরিচ্ছেদ।

১। সপ্রমাণ কর দূ=বেকা। (৯৪ অনুচ্ছেদ)

২। একটী জড়দ্রব্য ৪ সেকেণ্ডে ৫০ ফুট যায়, আর একটী ১৫ মিনিটে ৭৫ গজ গমন করে; উহাদের বেগের অনুপাত কত?

$$বে_১ : বে_২ :: \frac{৫০}{৪} : \frac{৭৫ \times ৩}{১৫ \times ৬০} :: \frac{৫০}{৪} : \frac{১}{৪} = ৫০ : ১$$

৩। দুইটী সমবেগ সম্পন্ন দ্রব্য যখন এক দিকে যায় তখন তাহাদের অন্তর প্রতি সেকেণ্ডে ৫ ফুট করিয়া বৃদ্ধি পায়, আর যখন বিপরীত দিকে যায় তখন তাহাদের অন্তর প্রতি সেকেণ্ডে ২৫ ফুট করিয়া বৃদ্ধি পায়, উহাদের বেগের তুলনা কর।

$$বে_১ - বে_২ = ৫ \text{ এবং } বে_১ + বে_২ = ২৫$$

$$\therefore বে_১ = ১৫ \text{ এবং } বে_২ = ১০$$

$$\therefore বে_১ : বে_২ :: ১৫ : ১০।$$

৪। দুইটী সমবেগশালী দ্রব্যের মধ্যে একটী যতক্ষণে

কোন বৃত্তের পরিধি বেষ্টন করিয়া আইসে সেই সময়ের মধ্যে আর একটী উহার ব্যাসের এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে গমন করে ; উহাদের বেগের সম্বন্ধ নিরূপণ কর।

বে$_১$: বে$_২$: : পরিধি : ব্যাস

= ঘ × ব্যাস : ব্যাস

= ঘ : ১.

= ২২ : ৭।

৫। দুইটী জড়বিন্দুর মধ্যে একটী অ-ফুট পরিমিত ব্যাস বিশিষ্ট বৃত্তের পরিধি স-সেকেণ্ডে পরিক্রম করে এবং অপরটী স ফুট পরিমিত ব্যাসবিশিষ্ট বৃত্তের পরিধি অ সেকেণ্ডে পরিক্রম করিয়া আইসে, উহাদের বেগের অনুপাত স্থির কর।

$$\text{বে}_১ : \text{বে}_২ : : \frac{\text{ঘ অ}}{\text{স}} : \frac{\text{ঘ স}}{\text{অ}} : : \text{অ}^২ : \text{স}^২ \text{।}$$

৬। পৃথিবীর ব্যাসের পরিমাণ যদি ৮০০০ মাইল হয় তাহা হইলে বিষুবরেখাস্থ বিন্দু সকলের বেগের পরিমাণ কত ?

পৃথিবীর আবর্ত্তন কাল ২৪ ঘণ্টা, সুতরাং ১ সেকেণ্ডে

$$\text{বিষুবরেখাস্থ দ্রব্য সকল} = \frac{৩.১৪১৬ \times ৮০০০ \times ১৭৬০ \times ৩\text{ফুট}}{২৪ \times ৬০ \times ৬০}$$

= ১৫৩৫.৮ ফুট গমন করে।

৭। যদি সূর্য্য হইতে পৃথিবীর অন্তর ৯,৫০,০০,০০০ মাইল হয় এবং ৩৬৫ দিন ৬ ঘণ্টায় যদি এক বৎসর হয় তাহা হইলে পৃথিবীর বেগ কত হইবে ?

$$\text{বে} = \frac{\text{দূ}}{\text{কা}} = \frac{\text{প} \times ২ \times ৯৫০০০০০০০}{৩৬৫\tfrac{১}{৪} \times ২৪ \times ৬০ \times ৬০} = ৯৯৮৬ \text{ ফুট।}$$

৮। কোন সময়ে একটী রেলের রাস্তার ঠিক উপর দিয়া বায়ু প্রবাহিত হইতেছিল, ইতি মধ্যে দৃষ্ট হইল যে দুই খানি সমবেগশালী কিন্তু বিপরীতাভিমুখে গমনশীল গাড়ির মধ্যে এক খানির ধূম রেখা অপরটীর দ্বিগুণ, বাতাস ও গাড়ির বেগের সম্বন্ধ স্থির কর।

মনেকর $\text{বে}_১$ ও $\text{বে}_২$ যেন যথাক্রমে গাড়ির ও বাতাসের বেগ।

$\text{বে}_১ + \text{বে}_২ = ২\ (\text{বে}_২ - \text{বে}_১)$। $\therefore ৩\ \text{বে}_১ = \text{বে}_২$,

$\therefore \dfrac{\text{বে}_১}{\text{বে}_২} = \dfrac{১}{৩}$, $\therefore \text{বে}_১ : \text{বে}_২ :: ১ : ৩$।

৯। উপপন্ন কর বে = মাকা। (৯৫ অনুচ্ছেদ)।

১০। সপ্রমাণ কর $\text{দূ} = \frac{১}{২}\ \text{মাকা}^২$। (৯৬ অনুচ্ছেদ)।

১১। পতনশীল দ্রব্যের বেগবৃদ্ধির মান কত?

উত্তর। প্রতি সেকেণ্ডে ৩২.২ ফুট।

১২। ৪ সেকেণ্ডে পতনশীল দ্রব্য কত বেগ প্রাপ্ত হয় এবং কত দূর পড়ে?

বে = মাকা = ৩২.২ × ৪ = ১২৮.৮ ফুট প্রতিসেকেণ্ডে।

$\text{দূ} = \frac{১}{২}\ \text{মাকা}^২ = \frac{১}{২} \times ৩২.২ \times ৪^২ =$ ২৫৭.৬ ফুট।

১২। কতক্ষণে পতনশীল দ্রব্যে ৫০০ ফুট পরিমিত বেগের সঞ্চার হয়? ৫০০ = ৩২.২ কা $\therefore$ কা = ১৫$\frac{১}{২}$ সেকেণ্ড।

১৪। কোন নিশ্চল জড় বিন্দু একটী সমবর্দ্ধমানবেগ প্রাপ্ত হইয়া ২ মিনিট ৪ সেকেণ্ডে ৬৩.৪ গমন করিল; উহার বেগবৃদ্ধির মান স্থির কর।

এস্থলে কা = ১২৪ এবং দূ = ৬৩.৪. সুতরাং

$$মা = \frac{২দূ}{কা^২} = \frac{২ \times ৬৩.৪}{(১২৪)^২} = \frac{৩১৭}{৩৮৪৪০} = .০০৮২ \text{ ফুট প্রতি}$$

সেকেণ্ডে।

১৫। দুইটী গুরু বস্তু এক এক সেকেণ্ড অন্তরে একে একে নিক্ষিপ্ত হইল; প্রথমটীর নিক্ষেপের তিন সেকেণ্ড পরে উহাদের অন্তর কত হইবে?

$$প্রথমটীর\ পতন\ দূরত্ব = \frac{মা}{২} \times ৩^২ = \frac{৯মা}{২}$$

$$দ্বিতীয়টীর\ "\ " = \frac{মা}{২} \times ২^২ = \frac{৪মা}{২}$$

$$\therefore উহাদের\ অন্তর = \frac{৫মা}{২} = ৫ \times ১৬.১ = ৮০.৫ \text{ ফুট।}$$

১৬। কোন কূপের মধ্যে একটী প্রস্তর নিক্ষেপ করিলে কা সেকেণ্ডে সেই প্রস্তর তাহার তলে পতিত হয়, বল দেখি কূপের গভীরতা কত?

$$গভীরতা = \frac{মা}{২}কা^২ = ১৬.১ \times কা^২$$

১৭। একই স্থান হইতে কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন সময়ে দুইটী বস্তু বিনিক্ষিপ্ত হইয়াছে; কিয়ৎক্ষণ পরে উহাদের অন্তর কত তাহা দেখিয়া পুনরায় ১সেকেণ্ড পরে উহাদের অন্তর অবধারণ করা গেল; বল দেখি প্রথমটীর নিক্ষেপের কতক্ষণ পরে দ্বিতীয়টী নিক্ষিপ্ত হইয়াছিল।

মনেকর, প্রথমটীর নিক্ষেপের স' সেকেণ্ড পরে দেখা

গেল উহাদের অন্তর অ, এবং স + ১ সেকেণ্ড পরে দৃষ্ট হইল উহাদের অন্তর অ´; এক্ষণে ক যদি নির্ণেয় কাল হয় তাহা হইলে,

$$অ = \frac{মা}{২}(স + ক)^২ - \frac{মা}{২}স^২ = \frac{মা}{২}(২সক + ক^২)$$

$$এবং\ অ' = \frac{মা}{২}(স + ১ + ক)^২ - \frac{মা}{২}(স + ১)^২$$

$$= \frac{মা}{২}\{২(স + ১)ক + ক^২\}$$

$$\therefore অ' - অ = মাক,\ ক = \frac{অ' - অ}{মা}$$

১৮। সপ্রমাণ কর বে^{২} = ২ মাদূ। (৯৭ অনুচ্ছেদ।

১৯। কোন কূপের গাম্ভীরতা ৯৬ ফুট; বল দেখি তন্মধ্যে কোন বস্তু নিক্ষেপ করিলে কত বেগে সেই বস্তু তাহার তলে পতিত হইবে?

বে^{২} = ২ মা × ৯৬ = ৬১৮২.৪

∴ বে = ৭৮.৬ ফুট প্রতি সেকেণ্ড।

২০। একটী বস্তু ১০০ ফুট উচ্চ হইতে পতিত হইল, মধ্যপথে উহা যে বেগ প্রাপ্ত হইয়াছিল তাহার সহিত উহার অন্তিম বেগের তুলনা কর?

$বে_১^২ : বে_২^২ :: ২ মা × ৫০ : ২ মা × ১০০ :: ১ : ২.$

$\therefore বে_১ : বে_২ = ১ : \sqrt{২} = ১.০০০ : ১.৪১৪$

২১। কত উচ্চ হইতে পতিত হইলে পতনশীল দ্রব্যে সমা পরিমিত বেগের সঞ্চার হয়?

মনে কর উ-উচ্চতা হইতে পতিত হইলে;

$\therefore$ (সমা)^{২} = ২ মা উ, $\therefore$ উ = $\frac{স^{২}}{২}$মা।

২২। ১ সেকেণ্ডে ১০ ফুট উঠিতে পারে, এরূপ বেগে একটী গোলা ঊর্দ্ধে উৎক্ষিপ্ত হইল; বল দেখি ঐ গোলা কত ঊর্দ্ধে উঠিবে?

যতদূর উচ্চ হইতে পতিত হইলে ১ সেকেণ্ডে ১০ ফুট যাইবার উপযুক্ত বেগের সঞ্চার হয় ততদূর উঠিলে উৎক্ষেপ বেগ বিনষ্ট হইয়া যাইবে এবং গোলাটী আর ঊর্দ্ধে উঠিতে না পারিয়া পতিত হইবে; $\therefore$ উৎপতন দূরত্ব $= \frac{১০^{২}}{২মা} = \frac{১০০}{৬৪.৪} = \frac{২৫}{১৬.১} = ১.৫৫$ ফুট।

২৩। সপ্রমাণ কর বে = বে′ + মাকা, দূ = বে′ কা + ½ মাকা^{২} এবং বে^{২} —বে′^{২} + ২ মা দূ। (৯৮ অনুচ্ছেদ ৫ প্রতিজ্ঞা)।

২৪। প্রতি সেকেণ্ডে ১০০ ফুট চলিতে পারে এরূপ বেগে একটী দ্রব্যকে ঠিক নিম্ন দিকে নিক্ষেপ করা গেল; বল দেখি ৫ সেকেণ্ড পরে উহার বেগ কত হইবে?

বে = বে′ + মাকা = ১০০ + ৩২.২ × ৫

= ২৬১ ফুট ১ সেকেণ্ডে যাইতে পারে এমন বেগ।

২৫। প্রতি সেকেণ্ডে ১০০ ফুট যাইতে পারে এরূপ বেগে একটী বস্তু ঠিক ঊর্দ্ধে উৎক্ষিপ্ত হইলে ৫ সেকেণ্ডের পর তাহার বেগ কত হইবে?

বে = বে′ — মাকা = ১০০ — ৩২.২ × ৫ = — ৬১

ঋণ চিহ্ন দ্বারা এই সূচিত হইতেছে যে দ্রব্যটী ১

সেকেণ্ডে৬১চলিতে পারে এরূপ বেগে পুনরায় নামিতেছে।

২৬। বল দেখি পূর্ব্ব প্রশ্নে উল্লিখিত দ্রব্যটী কতক্ষণ এবং কত দূর ঊর্দ্ধ পর্য্যন্ত উঠিয়া ছিল।

স্পষ্টই লক্ষিত হইতেছে যত ক্ষণ পর্য্যন্ত উহার বেগ একেবারে শূন্য না হইয়াছিল ততক্ষণ পর্য্যন্ত দ্রব্যটী ঊর্দ্ধে উঠিয়াছিল. অতএব

$$০ = ১০০ - ৩২.২ \times কা \therefore কা = ৩.১ \text{ সেকেণ্ড}$$

আবার দেখ $বে^{২} = বে'^{২} - ২ মাদূ$ এবং $বে = ০$

$$\therefore দূ = \frac{বে'^{২}}{২মা} = \frac{১০০^{২}}{২ \times ৩২.২} = ১৫৫.২ \text{ ফুট।}$$

অর্থাৎ দ্রব্যটী ৩.১ সেকেণ্ডে ১৫৫.২ ফুট উঠিয়া বেগহীন হইবে, সুতরাং আর ঊর্দ্ধে উঠিতে পারিবে না।

২৭। ১ সেকেণ্ডে ১৫০০ ফুট চলিতে পারে এরূপ বেগে একটী কামানের গোলা ঠিক ঊর্দ্ধে উৎক্ষিপ্ত হইল: বল দেখি উহা কত দূর উঠিবে এবং কতক্ষণের পর পুনরায় ভূতলে পতিত হইবে?

স্পষ্টই লক্ষিত হইতেছে উঠিতে যদি কা পরিমিত সময় লাগে পড়িতে ও ঠিক সেই সময় লাগিবে; অতএব ২কা যদি নির্ণেয় কাল এবং উ যদি নিরূপণীয় উচ্চতা. হয় তাহা হইলে, $বে = বে' - মাকা$

$$\therefore ০ = ১৫০০ - ৩২.২ কা,$$

$$\therefore কা = \frac{১৫০০}{৩২.২} = ৪৬.৫, \text{ এবং } ২ কা = ৯৩ \text{ সেকেণ্ড}$$

$$\text{আবার } উ = ১৫০০ \times \frac{১৫০০}{৩২.২} - \frac{মা}{২}\left(\frac{১৫০০}{৩২.২}\right)$$

$$= \frac{১৫০০^২}{২ \times ৩২.২} = ৩৪৮৭৫$$

২৮। একটী বস্তুকে ঠিক নিম্ন দিকে নিক্ষেপ করা হইয়াছে, স-সেকেণ্ডের পর দৃষ্ট হইল উহার বেগ বে; উহার নিক্ষেপ বেগ নির্ণয় কর।

মনেকর নিক্ষেপ বেগ বে। সুতরাং

$বে = বে' + মাস, \therefore বে' = বে - মাস$।

২৯। ১০০ ফুট গভীর কূপের মধ্যে কত বেগে এক খণ্ড প্রস্তর নিপেক্ষ করিলে সেই প্রস্তর খানি ১ সেকেণ্ডে তাহার তলায় পতিত হইবে?

$$১০০ = বে + \frac{১}{২} মা \times ১^২$$
$$\therefore বে = ১০০ - ১৬.১ = ৮৩.৯।$$

৩০। ৩মা পরিমিত বেগে একটী বস্তু ঊর্দ্ধে উৎক্ষিপ্ত হইল, ১০ সেকেণ্ড পরে উহার বেগ এবং অবস্থিতি কিরূপ হইবে?

৩ সেকেণ্ডে ৩ মা বেগ নষ্ট হইয়া যাইবে এবং আর ৭ সেকেণ্ডের পর উহাতে ৭ মা বেগের সঞ্চার হইবে এবং $\frac{১}{২}$ মা $৭^২$ দূর পতিত হইবে; অর্থাৎ যে বিন্দু হইতে উৎক্ষিপ্ত হইয়াছিল তাহার $\frac{মা}{২} ৭^২ - \frac{মা}{২} ৩^২ = ২০$ মা নিম্নে পতিত হইবে।

৩১। ১০০ ফুট উচ্চ হইতে একটী বস্তু নিক্ষিপ্ত হইল আর ঠিক সেই সময়ে ভূতল হইতে আর একটী বস্তু ঊর্দ্ধে উৎক্ষিপ্ত হইল; ঠিক মধ্য পথে যদি উহারা পরস্পরকে অতিক্রম করিয়া যায় তাহা হইলে দ্বিতীয় বস্তুটী কত বেগে উৎক্ষিপ্ত হইয়াছিল।

মনে কর উৎক্ষেপ ও নিক্ষেপের কা সেকেণ্ডপরে যেন উহারা পরস্পরকে অতিক্রম করে ; এক্ষণে বে যদি উৎক্ষেপ বেগ হয় তাহা হইলে,

$$৫০ = \frac{মাকা^২}{২} \text{ এবং } ৫০ = বেকা - \frac{মাকা^২}{২}$$

$$\therefore ১০০ = বেকা \text{ এবং } ৫০ = \frac{মা}{২}\left(\frac{১০০}{বে}\right)^২$$

$$\therefore বে^২ = ১০০\ মা = ৩২২০$$

$$বে = \text{প্রায় } ৫৭$$

[ক্রমনিম্ন সামতলিক গতি। যে সকল বস্তু স্বতন্ত্র ও অপ্রহিত ভাবে ঠিক ঊর্দ্ধ হইতে ভূতলে পতিত হয়, তাহাদের গতির সহিত ক্রমনিম্ন সমতলের উপর দিয়া যে সকল পতিত বস্তুর গতির কিঞ্চিৎ বৈলক্ষণ্য দৃষ্ট হয়। স্বতন্ত্র ভাবে পতনশীল বস্তুর বেগ বৃদ্ধির মান মা, কিন্তু ক্রম নিম্ন সমতল ক্রমে যে সকল বস্তু পতিত হয় তাহাদের বেগবৃদ্ধির মান মা × ক্রমনিম্ন সমতলের অবনতির সিঞ্জিনী = মা × শিনি ক : কেননা মা-কে যদি প্রস্তাবিত নিম্ন সমতলের অভিমুখে ও তাহার সহিত লম্বভাবে বিভক্ত করা যায় তাহা হইলে মা শিন ক ও মা কোশিন ক দ্বারা যথাক্রমে সমতলের সহিত সমান্তর ও লম্ব ভাবে বিশ্লিষ্ট অংশ দ্বয়ের মান অনুসূচিত হইবে। মা কোশিন ক সমতলের পতিত চাপ দ্বারা বিনষ্ট হইয়া যাইবে এবং মা শিন ক দ্রব্যটীর বেগ বৃদ্ধির সূচক হইবে। অতএব দৃষ্ট হইতেছে ক্রমনিম সমতলের উপর দিয়া পতিত দ্রব্যের

গতির বিচার করিতে হইলে বে—মা কা, দূ—$\frac{১}{২}$ মা কা^{২}, বে^{২} — ২মা দূ ইত্যাদি সূত্র স্থলে মা—র পরিবর্ত্তে মা শিন ক ধরিতে হয়।]

৩৪। কোন ক্রম নিম্ন সমতল যত উচ্চ তত উচ্চ হইতে স্বতন্ত্র ভাবে ঠিক নিম্নে পড়িলে পতনশীল দ্রব্যে যে বেগের সঞ্চার হয়, উক্ত ক্রমনিম্ন সমতলের উপর দিয়া পতিত হইলেও সেই বেগের সঞ্চার হইয়া থাকে।

কোন ক্রমনিম্ন সমতলের অবনতি সূচক কোণ ক, উন্নতি উ, দৈর্ঘ্য দৈ, এবং উহার উপর দিয়া পতিত হইলে যে বেগের সঞ্চার হয় তাহার পরিমাণ বে। এক্ষণে দেখ বে^{২}=২মা শিন ক × দৈ এবং উ—দৈ শিন ক

∴ বে^{২}=২মা উ।

অতএব দৈ পরিমিত দীর্ঘ কোন ক্রম নিম্ন সমতলের উপর দিয়া পতিত হইলে যে বেগ উৎপন্ন হয়, উ পরিমিত উচ্চ স্থান হইতে পতিত হইলেও সেই বেগ জন্মে।

৩৫। ৩ ফুট দীর্ঘ একটী ক্রমনিম্ন সমতলের উপর দিয়া ৯ সেকেণ্ডে একটী বস্তু পতিত হইল, বল দেখি উহার অবনতি কত?

৩ = $\frac{১}{২}$ মা শিন ক × ৯^{২} = ১৬.১ × ৮১ শিন ক

$$\therefore \text{শিন ক} = \frac{১}{১৬.১ \times ২৭} = \frac{১}{৪৩৪.৭}।$$

৩৬। একটী ক্রমনিম্ন সমতলের দৈর্ঘ্য ৬ ফুট ও অবনতি ৩০° বল দেখি উহার উপর হইতে নিম্ন পর্য্যন্ত পতিত হইলে কত বেগের সঞ্চার হইবে?

$বে^{২} = মা \times ৬ শিন ৩০^{\circ} = ৬ মা = ১৯৩.২$

∴ বে = প্রায় ১৩.৯।

৩৭। যে ক্রমনিম্ন সমতলের অবনতি ৪৫° অংশ তাহার উপর দিয়া কত দূর পতিত হইলে ৬ মা পরিমিত বেগ উৎপন্ন হয়?

$(৬মা)^{২} = ২মা\ উ\ শিন\ ৪৫^{\circ}$

$$\therefore উ = \frac{১৮মা}{শিন৪৫^{\circ}} = ১৮\sqrt{২}মা = ৪৯৭.৫৫ ফুট।$$

৩৮। বে পরিমিত বেগে যদি কোন বস্তু কোন ক্রমনিম্ন সমতলের উপরে উৎক্ষিপ্ত হয় তাহা হইলে বল দেখি ঐ বস্তুটী কতক্ষণ এবং কত দূর উর্দ্ধে উঠিবে।

মনে কর কা-সেকেণ্ডে দূ-দূর পর্য্যন্ত উর্দ্ধে উঠিয়া দ্রব্যটী বেগশীল হইবে। অতএব ক যদি ক্রমনিম্ন সমতলের অবনতি সূচক হয় তাহা হইলে

$$০ = বে^{২} - ২মা\ দূ\ শিন\ ক$$

$$\therefore দূ = \frac{বে^{২}}{২মা শিন ক}$$

আবার দেখ $০ = বে - মা কা শিন ক$

$$\therefore কা = \frac{বে}{মা শিন ক}।$$

একক বিষয়ক প্রশ্নাবলী।

১। দু ফুট ও কা সেকেণ্ড দূরত্ব ও কালের একক হইলে যদি কোন বস্তুর বেগের পরিমাণ বে হয় এবং দু´ ফুট ও কা´ সেকেণ্ডে একক হইলে যদি তাহার বেগের পরিমাণ বে´ হয়, সপ্রমাণ কর যে, তাহা হইলে,

$$\frac{বে'}{বে} = \frac{কা'}{কা} \times \frac{দু}{দু'}$$

মনে কর প্রস্তাবিত বেগ প্রভাবে কোন জড়বিন্দু কা-সেকেণ্ডে দূ-ফুট যাইতে পারে।

এক্ষণে বিবেচনা করিয়া দেখ ১ফুট যদি দৈর্ঘ্যের একক হয় তাহা হইলে যে বস্তু ৬ ফুট দীর্ঘ তাহার দৈর্ঘ্যের পরিমাণ অবশ্য $\frac{৬}{১}$ = ৬ হয়, কিন্তু ২ ফুট কি ৩ ফুট (অর্থাৎ ১ গজ) যদি দৈর্ঘ্যের একক হয়, তাহা হইলে ঐ বস্তুর দৈর্ঘ্যের পরিমাণ $\frac{৬}{২}$=৩ কি $\frac{৬}{৩}$=২ (অর্থাৎ ২ গজ) হইবে। দৃষ্ট হইতেছে যে ১ ফুট যখন একক তখন যাহার দৈর্ঘ্যের পরিমাণ ৬ হয়, ২, ৩, ... ইত্যাদি ফুট যখন দৈর্ঘ্যের একক তখন তাহার দৈর্ঘ্যসূচক সংখ্যা ৩, ২,...ইত্যাদি; অর্থাৎ এককের মান যত অধিক হয়, পরিমাণাদি সূচক সংখ্যার মান তত অল্প হইয়া থাকে। দু ফুট যদি দৈর্ঘ্যের একক হইত তাহা হইলে ৬ ফুট দীর্ঘ বস্তুর পরিমাণ $\frac{৬}{দু}$ ফুট এবং দূ ফুট দীর্ঘ দ্রব্যের পরিমাণ $\frac{দূ}{দু}$ অতএব ১ ফুটকে দূরত্বের একক বলিয়া কল্পনা করিলে যাহার গমন দূরত্ব

দূ হয়, ফু ফুটকে একক স্বরূপ ধরিলে তাহার গমন দূরত্ব $\frac{দূ}{ফু}$ দ্বারা প্রকাশিত হইবে। আবার দেখ, ১ সেকেণ্ডকে কালিক একক স্বরূপ কল্পনা করিলে যে কালের পরিমাণ কা-সেকেণ্ড হইবে, ক্ষা সেকেণ্ডকে কালিক একক স্বরূপ ধরিলে তাহার পরিমাণ $\frac{কা}{ক্ষা}$ হইবে। অতএব দূ = বেকা এই সূত্র হইতে প্রতীয়মান হইতেছে,

$$\frac{দূ}{ফু} = বে.\frac{কা}{ক্ষা}$$

এই রূপে আরও সপ্রমাণ করা যাইতে পারে যে,

$$\frac{দূ}{ফু'} = বে'.\frac{কা}{ক্ষা'}।$$

$$\therefore \frac{ফু}{ফু'} = \frac{বে'}{বে}.\frac{ক্ষা}{ক্ষা'}।$$

$$\therefore \frac{বে'}{বে} = \frac{ক্ষা' \times ফু}{ক্ষা \times ফু'}।$$

২। ফু ফুট ও ক্ষা সেকেণ্ডকে দূরত্ব ও কালের একক স্বরূপ কল্পনা করিলে যদি কোন বেগ বৃদ্ধির মান মা হয়, আর ফু' ফুট ও ক্ষা' সেকেণ্ডকে একক বলিয়া ধরিলে যদি তাহার মান মা' হয়, সপ্রমাণ কর যে তাহা হইলে,

$$\frac{\text{মা}'}{\text{মা}} = \left(\frac{\text{কা}'}{\text{কা}}\right)^{২} \times \frac{\text{দূ}}{\text{দূ}'}$$

মনে কর প্রস্তাবিত বেগবৃদ্ধি প্রভাবে কোন জড় বিন্দু কা-সেকেণ্ডে দূ ফুট দূর গমন করিতে পারে। এক্ষণে স্পষ্টই লক্ষিত হইতেছে,

$$\frac{\text{দূ}}{\text{দূ}} = \frac{১}{২}\,\text{মা}\left(\frac{\text{কা}}{\text{কা}}\right)^{২}$$

এবং $$\frac{\text{দূ}}{\text{দূ}'} = \frac{১}{২}\,\text{মা}'\left(\frac{\text{কা}}{\text{কা}'}\right)^{২}$$

$$\frac{\text{দূ}}{\text{দূ}'} = \frac{\text{মা}'}{\text{মা}},\left(\frac{\text{কা}}{\text{কা}'}\right)^{২}$$

$$\therefore\ \frac{\text{মা}'}{\text{মা}} = \left(\frac{\text{কা}'}{\text{কা}}\right)^{২} \times \frac{\text{দূ}}{\text{দূ}'}.$$

৩। ১ সেকেণ্ড ও ১ ফুট কাল ও দূরত্বের একক হইলে যাহার বেগের পরিমাণ ১০ হয়, ১ ঘণ্টা ১ মাইলকে ক্রমান্বয়ে কাল ও দূরত্বের একক বলিয়া কল্পনা করিলে তাহার বেগের পরিমাণ কত হইবে?

$$\frac{\text{বে}'}{\text{বে}} = \frac{\text{কা}' \times \text{দূ}}{\text{কা} \times \text{দূ}'}।$$

১ সেকেণ্ড ও ১ফুট কাল ও দূরত্বের একক হইলে যাহার বেগের পরিমাণ ১০ হয়, ১ ঘণ্টা ও ১ মাইলকে

ক্রমান্বয়ে কাল ও দূরত্বের একক বলিয়া কল্পনা করিলে তাহার বেগের পরিমাণ কত হইবে ?

$$\frac{বে'}{বে} = \frac{কা'}{কা} \times \frac{দূ}{দূ'},$$

$$বে = ১০. \frac{১ \times ৬০ \times ৬০}{১} \times \frac{১}{১৭৬০ \times ৩} = \frac{১২০০}{১৭৬} = \frac{৬৯}{১১}।$$

অর্থাৎ ১ সেকেণ্ডে যে দ্রব্য ১০ ফুট যায় সে ১ ঘণ্টায় $৬\frac{৩}{১১}$ মাইল যাইতে পারে।

৪। যদি ১ ফুটকে দূরত্বের একক কল্পনা করিলে যে বস্তু ২ ঘণ্টায় ৭ মাইল গমন করে তাহার বেগের পরিমাণ ২ বলিয়া নির্দ্দেশ করিতে হয়, তাহা হইলে কালের একক কত ?

$$\frac{২}{৭ \times ১৭৬০ \times ৩} = \frac{কা'}{২ \times ৬০ \times ৬০} = .৩৮৯৬ সেকেণ্ড$$

৫। ১ ঘণ্টা ও ১ মাইল যদি যথাক্রমে কাল ও দূরত্বের একক হয় তাহা হইলে পতনশীল দ্রব্যের বেগবৃদ্ধির মান কত হইবে।

$$\frac{মা'}{মা} = \left(\frac{কা'}{কা}\right)^২ \times \frac{দূ}{দূ'} = \frac{(১ \times ৬০ \times ৬০)^২}{১ \times ৭৬০ \times ৩} = \frac{(৩৬০০)^২}{৫২৮০}$$

$$মা' = ৩২.২ \times \frac{(৩৬০০)^২}{৫২৮০} = ৭৮৫৪৫ : ৪৫।$$

ভাসমান দ্রব্য ও আপেক্ষিক গুরুত্ব বিষয়ক প্রশ্নমালা।

১। কোন ব্যক্তি ৩ মণ ৩০ সের ভার তুলিতে সমর্থ; বল দেখি যে দ্রব্যের আপেক্ষিক ভার ২.৫, জল মধ্যে তিনি তাহার কত খানি তুলিতে পারিবেন?

এস্থলে $২.৫ = \frac{ভা}{ভা'} = \frac{ভ}{ভ - ১৫০}$

১.৫ ভা = ৬৭৫ ভা = ২৫০ সের = ৬ মণ ১০ সের

২। মনুষ্য শরীর, জল ও সোলার আপেক্ষিক গুরুত্ব যদি যথাক্রমে ১.১২, ১ ও ০.২৪ হয়, তাহা হইলে যাহার শরীরের ভার ১ মণ ৩৫ সের তাহার গায়ে কত সোলা বাধিয়া দিলে সে অনায়াসে ভাসিতে সমর্থ হইবে।

মনে কর যত সোলা আবশ্যক তাহার ভার যেন ভা

$৭৫ + ভা = \frac{৭৫}{১.১২} + \frac{ভা}{০.১২}$, ∴ ভা = ২.৫৩৭৬।

৩। ৩ ইঞ্চি পরিমিত দীর্ঘবাহুসম্পন্ন একটী ঘন সমচতুষ্কোণ দ্রব্যকে কোন তরল পদার্থে নিমগ্ন করিলে তাহার ১ ইঞ্চি সেই তরল দ্রব্যের উপরে ভাসিতে থাকে, কিন্তু উহার উপরে ১ ছটাক পরিমিত ভারী দ্রব্য স্থাপন করিলে উভয়ের পৃষ্ঠদেশ সমসূত্র পাতে অবস্থিত হয়; বল দেখি দ্রব্যটীর ভার কত? [উত্তর ২ ছটাক; কেননা দ্রব্যের ভার + ১ ছটাক = দ্রব্যের সম আয়তন তরল বস্তুর ভার এবং ঐ দ্রব্যের সম আয়তন তরল বস্তুর ভার = ১ ছটাক]

৪। $ভা_১$ ও $ভা_২$ পরিমিত ভারী ও $গ_১$ ও $গ_২$ পরিমিত আপেক্ষিক গুরুত্ব সম্পন্ন দুইটী বস্তুকে মিশ্রিত করিলে যে বস্তু উৎপন্ন হয় তাহার ভার ও আপেক্ষিক গুরুত্ব যদি ভা ও গ হয়, সপ্রমাণ কর যে তাহা হইলে,

$$\frac{ভা}{গ} = \frac{ভা_১}{গ_১} + \frac{ভা_২}{গ_২}$$

স্পষ্টই লক্ষিত হইতেছে, ইহাদের আয়তন যদি ক্রমান্বয়ে আ, $আ_১$ ও $আ_২$ হয় তাহা হইলে ভা $=$ আ গ, $ভা_১ = আ_১ গ_১$ এবং $ভা_২ = আ_২ গ_২$।

$$আ = আ_১ + আ_২$$

$$\frac{আ গ}{গ} = \frac{আ_১ গ_১}{গ_১} + \frac{আ_২ গ_২}{গ_২}$$

$$\frac{ভা}{গ} = \frac{ভা_১}{গ_১} + \frac{ভা_২}{গ_২}\text{।}$$

৫। যদি ২২ ভরী ওজনে রৌপের খাদ মিশ্রিত এক খণ্ড স্বর্ণকে জলে ওজন করিলে তাহার ভার ১২ ভরী কম হয় আর যদি বিশুদ্ধ স্বর্ণ ও বিশুদ্ধ রৌপ্য জল অপেক্ষা ক্রমান্বয়ে ১৯ ও ১০ গুণ ভারী হয় তাহা হইলে বল দেখি উহাতে কত খানি স্বর্ণ ও কত খানি রৌপ্য আছে?

প্রস্তাবিত দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{২২}{১\frac{১}{২}} = \frac{৪৪}{৩}$

এক্ষণে রৌপ্যের পরিমাণ যদি ভা হয়, তাহা হইলে

$$\frac{২২}{৪৪÷৩} = \frac{২২-ভা}{১৯} + \frac{ভা}{১০}$$

$$\therefore ১৮ ভা = ১৩০, \therefore ভা = ৮.২$$

বিশুদ্ধ স্বর্ণ ১৩.৮ ভরী ও রৌপ্য $=$ ৮.২ ভরী।

পঞ্চম অধ্যায়।

তাপ।

১ম পরিচ্ছেদ।

যাহার উষ্ণ স্পর্শ আছে তাহার নাম তাপ। তাপের স্বরূপ আমরা নিশ্চয় জ্ঞাত নহি। প্রাচীনেরা ইহাকে এক প্রকার স্বতন্ত্র পদার্থ বলিয়া স্বীকার করিতেন; কিন্তু নব্যেরা বলেন তাপ স্বতন্ত্র পদার্থ নহে, জড় পদার্থের অবস্থা বিশেষ মাত্র। প্রাচীন মতাবলম্বীরা বলেন, জড় বস্তুর অণুসকল গুরুত্ব গুণশূন্য অতি সূক্ষ্ম পদার্থ বিশেষে পরিবৃত। এই পদার্থের সমাগমে দ্রব্যাদি উষ্ণ হয় এবং অপগমে শীতল হইয়া থাকে। এক জন সুবিখ্যাত রাসায়নিক স্বপ্রণীত রসায়ন গ্রন্থে লিখিয়াছেন 'যে দ্রব্য আমাদের শরীর মধ্যে প্রবিষ্ট হইলে উষ্ণতার উপলব্ধি হয় ও শরীর হইতে যাহা নিক্রান্ত হইলে শৈত্যের অনুভব হইয়া থাকে, তাহারেই আমরা তাপ বলিয়া নির্দ্দেশ করি'। এক বস্তুর সহিত যেরূপ অন্য বস্তুর সংযোগ হইয়া থাকে, তদ্রূপ তিনি তাপের সহিত দ্রব্যাদির সংযোগের উল্লেখ করিয়াছেন

এবং অন্যান্য অনেকানেক রসায়নবেত্তা উপস্থিত বিষয়ে তাঁহার মতের অনুসরণ করিয়াছেন।

পরন্তু ইদানীন্তন দার্শনিকগণ এবংবিধ কোন স্বতন্ত্র পদার্থের অস্তিত্ব স্বীকার করেন না। ইঁহারা নানাবিধ সুকৌশলসম্পন্ন পরীক্ষা ও অখণ্ডনীয় যুক্তি দ্বারা প্রতিপন্ন করিয়াছেন. জড়াত্মক অণুসমূহের কম্পনই উষ্ণস্পর্শাদির কারণ। অধুনাতন বিজ্ঞানশাস্ত্রের প্রথম পথ-প্রদর্শক মহাত্মা বেকন স্বীয় প্রগাঢ় বুদ্ধিবলে বুঝিতে পারিয়াছিলেন, গতির সহিত তাপের সবিশেষ সম্বন্ধ আছে এবং অধ্যাত্মবিৎ লক স্বরচিত 'মানবীয় বুদ্ধি বিষয়ক প্রবন্ধ' নামক গ্রন্থে লিখিয়াছেন 'স্পর্শবিশেষের হেতু বিবেচনায় যে দ্রব্যকে আমরা উষ্ণ বলি, তাহার অতীন্দ্রিয় কণাসমূহের কম্পনই তাপ। ফলতঃ যাহা আমাদের ইন্দ্রিয় দ্বারা উষ্ণতা বলিয়া অনুভূত হয়, তাহা দ্রব্যাদির এক প্রকার গতি ব্যতীত আর কিছুই নহে'। সর হম্ফ্রে ডেবি নির্ব্বাত স্থলে দুই খণ্ড বরফের পরস্পর ঘর্ষণ দ্বারা তাহাদের কিয়দংশ দ্রব করিয়া তাপ যে স্বতন্ত্র পদার্থ নয়, তাহার প্রথম প্রমাণ প্রাপ্ত হন। কাউণ্ট রমফোর্ড জলমধ্যে একটী পিতলের কামান ও ইস্পাতের বেধনিকার পরস্পর ঘর্ষণে এত তাপ উৎপন্ন করিয়াছিলেন যে তদ্দারা ১৫.৫°শ প্রমাণ উষ্ণ ১২।।০ সের জল ২।।০ ঘণ্টার মধ্যে ফুটিয়া উঠিয়াছিল। এই সকল দেখিয়া বোধ হয় তাপ স্বতন্ত্র পদার্থ নয়; পরমাণুদিগের আন্দোলনেই জড় দ্রব্য উষ্ণ হয়।

উষ্ণতা ও শৈত্যে কোন বিশেষ প্রভেদ নাই। এক দ্রব্যের সহিত তুলনায় যাহারে অতিশয় উষ্ণ বোধ হয়, তাহারেই আবার অন্য এক দ্রব্যের সহিত তুলনা করিয়া দেখিলে অত্যন্ত শীতল বলিয়া প্রতীতি হয়। কোন উচ্চ পর্ব্বতোপরি আরোহণ করিবার সময়ে যে স্থান অতিশয় শীতল বলিয়া জ্ঞান হয়, অবতরণকালে সেই স্থানই আবার সমধিক উষ্ণ বলিয়া অনুভূত হইয়া থাকে। এক হস্ত অত্যুষ্ণ জলে ও অন্য হস্ত অত্যন্ত শীতল জলে মগ্ন করিয়া পরে যদি উভয় হস্তই নাতিশীতোষ্ণ জলে নিমগ্ন করা যায়, তাহা হইলে যে হস্ত উষ্ণ জলে নিমজ্জিত হইয়াছিল, তদ্দারা শৈত্যের ও যে হস্ত হিম জলে নিমজ্জিত হইয়াছিল তদ্দারা উষ্ণতার উপলব্ধি হয়।

তাপ নিবন্ধন জড় দ্রব্যের পরমাণু সকল পরস্পরকে দূরীকৃত করে। এই নিমিত্ত তাপ সমাগমে দ্রব্যাদি প্রসারিত হয়। উত্তপ্ত হইলে কঠিন দ্রব্য অপেক্ষা তরল এবং তরল দ্রব্য অপেক্ষা বায়বীয় দ্রব্য সকল অপেক্ষাকৃত অধিক বিস্তৃত হয়। তাদৃশ উত্তপ্ত হইলে কঠিন দ্রব্য দ্রব ও দ্রব দ্রব্য বাষ্প হইয়া যায়। কঠিন দ্রব্য সকল উত্তপ্ত হইলে প্রসারিত হয়; এই নিমিত্ত রেলের রাস্তা নির্ম্মাণ করিবার সময়ে রেলগুলির মধ্যে কিঞ্চিৎ কিঞ্চিৎ ফাঁক রাখিয়া থাকে। পরীক্ষা করিয়া দেখিলেই জানা যাইতে পারে, কোন শীতল লৌহদণ্ড যে ছিদ্র মধ্যে অনায়াসে প্রবিষ্ট হয়, উত্তপ্ত হইলে আর তাহাতে প্রবেশ করিতে পারে না।

যে সকল কঠিন পদার্থ তাপ সমাগমে বিশ্লিষ্ট না হয় তাহাদিগকে উত্তপ্ত করিলে ক্রমে ক্রমে কোমল হইয়া আইসে এবং অবশেষে তরল হইয়া যায়। কঠিন দ্রব্যের ন্যায় দ্রব্য দ্রব সকলও উত্তপ্ত হইলে প্রসারিত হয়, এই নিমিত্ত জলপূর্ণ পাত্রে তাপ দিলে তাহা হইতে জল উচ্ছসিত হইয়া পড়ে। বায়বীয় বস্তু সকলও তাপ পাইলে বিলক্ষণ প্রসারিত হয়, যদি কোন বায়ুপূর্ণ চর্ম্ম মশকের মুখ বন্ধ করিয়া তাহাতে তাপ দেওয়া যায় তাহা হইলে উহা অমনি স্ফীত হইয়া উঠে। সমান তাপ প্রাপ্ত হইলেও সকল প্রকার কঠিন ও তরল দ্রব্য সমান পরিমাণে প্রসারিত হয় না, কিন্তু যাবতীয় বায়বীয় বস্তুই সমান তাপ প্রাপ্ত হইলে সমান পরিমাণে বিস্তৃত হয়।

তাপ।

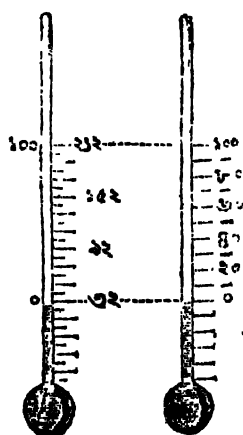
২য় পরিচ্ছেদ।

উষ্ণাসুক্ততার পরিমাণ,—তাপমান যন্ত্র।

পূর্ব্বেই উল্লিখিত হইয়াছে, উষ্ণতার ইতর বিশেষ বশতঃ জড় বস্তুদিগের আয়তনের অনেক ইতর বিশেষ হইয়া থাকে। সকল দ্রব্যই উত্তপ্ত হইলে প্রসারিত ও শীতল হইলে সঙ্কুচিত হয়। অতএব যদি কোন বস্তুর প্রসারণ ও আকুঞ্চনের পরিমাণ নির্ণয় করিতে পারা যায় তাহা হইলে উহার উষ্ণানুক্ততারও পরিমাণ অনায়াসে নিরূপিত হইতে পারে, তাহার সন্দেহ কি। ফলতঃ এই

উপায় অবলম্বন করিয়াই তাপমান যন্ত্র সকলের সৃষ্টি হইয়াছে। কঠিন, দ্রব ও বায়বীয় সকল প্রকার দ্রব্য দ্বারাই তাপমান যন্ত্র নির্ম্মিত হইতে পারে; কিন্তু কঠিন বস্তুদিগের বিস্তৃতি নিতান্ত অল্প ও বায়বীয় বস্তু সকলের বিস্তৃতি অধিক বলিয়া সচরাচর তরল দ্রব্য দ্বারাই তাপমান যন্ত্র প্রস্তুত করিয়া থাকে। তরল বস্তুদিগের মধ্যে পারদ ও সুরাসার এই দুইটী যথাক্রমে তাপমান ও শৈত্যমান যন্ত্র নির্ম্মাণার্থ সচরাচর ব্যবহৃত হয়। কেননা সমধিক উত্তপ্ত না হইলে পারদ বায়বীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয় না এবং অত্যন্ত শীতল হইলেও সুরাসার জমিয়া যায় না।

অন্যান্য তাপমান অপেক্ষা পারদ ঘটিত তাপমান সমধিক প্রচলিত। পারদ-তাপমান নির্ম্মাণ করিতে হইলে একটী সরল, সূক্ষ্ম ও সমচ্ছিদ্রসম্পন্ন কাচনালী লইয়া তাহার এক প্রান্তে একটী কন্দ প্রস্তুত করিতে হয়। অনন্তর কন্দ ও দণ্ডের কিয়দংশ পারদপূর্ণ করিয়া উত্তাপ দিতে হয়। তাপনিবন্ধন যখন পারদ ফুটিয়া উঠে এবং তাহার বাষ্পদ্বারা নলের অভ্যন্তর হইতে বায়ু ও জলীয় বাষ্প নিরাকৃত হইয়া যায়, তখন অপর প্রান্ত দ্রবীভূত ও রুদ্ধ করিয়া উষ্ণানুষ্ণতার পরিমাপক চিহ্ন সকল অঙ্কিত করিতে হয়। পরীক্ষা দ্বারা নিরূপিত হইয়াছে, দ্রবমাণ তুষার ও স্ফোটনশীল জলের উষ্ণতা সকল স্থানে ও সকল কালেই সমান, এই নিমিত্ত ইহাদিগের উষ্ণানুষ্ণতা অবলম্বন করিয়া তাপমান যন্ত্রের চিহ্ন সকল অঙ্কিত হইয়া থাকে। কাচ-

নালীকে দ্রবমাণ তুষারচূর্ণ মধ্যে নিমগ্ন করিলে অভ্যন্তরস্থ পারদ ক্রমশঃ সঙ্কুচিত হইয়া পরিশেষে যে বিন্দুতে স্থির হয় তথায় একটী চিহ্ন এবং তদনন্তর স্ফোটনশীল জলে অথবা তন্নিঃসৃত বাষ্পমধ্যে নিমজ্জিত করিলে পারদস্তম্ভ ক্রমশঃ বিস্তৃত হইয়া যে বিন্দুতে উঠিয়া স্থির হয়, তথায় আর একটী চিহ্ন অঙ্কিত করিতে হয়, যেরূপ হস্ত, পদাদির দৈর্ঘ্যকে একক ধরিয়া যাবতীয় দ্রব্যের পরিমিত হয়, তদ্রূপ যে উষ্ণতা দ্বারা তাপমান যন্ত্রের পারদ উল্লিখিত এক চিহ্ন হইতে অপর চিহ্ন পর্য্যন্ত বিস্তৃত হয়, তদ্দ্বারা তাবৎ দ্রব্যেরই উষ্ণানুষ্ণতা পরিমিত হইয়া থাকে। আরও যেরূপ ফুট পরিমাপক দণ্ডকে ইঞ্চি প্রভৃতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত করা যায়, তদ্রূপ উল্লিখিত বিন্দুদ্বয়ের মধ্যবর্ত্তী স্থানটীকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ভাগে বিভক্ত করিয়া উষ্ণতার অংশ সূচক চিহ্ন সকল অঙ্কিত করে। কিন্তু তাপমান যন্ত্রের মাপক দণ্ডের বিভাগ প্রণালী সর্ব্বত্র সমান নহে। তুষার-হিম জলে নিমগ্ন করিলে পারদ যে বিন্দু পর্য্যন্ত নামিয়া পড়ে এবং স্ফোটন-শীল জলে নিমজ্জিত করিলে উহা যে বিন্দু পর্য্যন্ত উত্থিত হয়, সেই দুই বিন্দুর অন্তর্গত স্থানকে কোথাও ১০০, কোথাও

১৮০, কোথাও বা ৮০ সমান অংশে বিভাগ করে। ফরাশী দেশে শতাংশিক মাপ প্রচলিত এবং সর্ব্বদেশীয় পদার্থ-বেত্তাগণও এই মাপ অনুসারে উষ্ণানুক্ততার পরিমাণ প্রকাশ করেন। ইহার দ্রবণ বিন্দু ০° শূন্য ও স্ফোটন বিন্দু ১০০° এবং ইহাদিগের অন্তর্গত স্থান সম-শতাংশে বিভক্ত। দ্বিতীয় প্রকার মাপ ইংলণ্ডে প্রচলিত; আমেরিকা ও ভারতবর্ষেও এই মাপ ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ফারেণহীট নামক এক ব্যক্তি ইহার প্রণয়ন প্রচার করেন। ফারেণহীট তাপমানের দ্রবণ বিন্দু ৩২° ও স্ফোটন বিন্দু ২১২° এবং ইহাদিগের অন্তর্গত স্থান ২১২—৩২=১৮০ সমান অংশে বিভক্ত। দ্রবণ বিন্দুর ৩২ অংশ নিম্নে ইহার ০° শূন্য। রিওমার নামক এক জন পণ্ডিত তৃতীয় প্রকার পরিমাপের সৃষ্টি করেন। রুষ রাজ্যে এই মাপ প্রচলিত। রিওমারের তাপমানের দ্রবণ বিন্দু ০° ও স্ফোটন বিন্দু ৮০° এবং মাপক দণ্ডের যে ভাগ এই দুই বিন্দুর অন্তর্গত তাহা ৮০ অশীতি সমান অংশে বিভক্ত।

উষ্ণতার অংশ সকল লিখিয়া প্রকাশ করিতে হইলে তাহাদিগের সংখ্যার দক্ষিণে কিঞ্চিৎ ঊর্দ্ধে এক একটী ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র শূন্য এবং যে পরিমাপ প্রণালীর অংশ তাহার আদ্য অক্ষর লিখিতে হয়। যথা ১৫°শ, ৬০°ফা, ১২°রি, ইহাদের দ্বারা যথাক্রমে শতাংশিকের ১৫ অংশ, ফারেণহীটের ৬০ অংশ ও রিওমারের ১২ অংশ বুঝায়। শূন্যের নিম্নস্থ কোন অংশ লিখিতে হইলে ঋণ চিহ্ন দিতে

হয়, যথা, —১৫°শ, অর্থাৎ, শতাংশিক তাপমানের শূন্যের ১৫ অংশ নিম্নে।

বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে, শতাংশিকের ১০০, ফারেণহীটের ১৮০ অংশ ও রিওমানের ৮০ অংশ পরস্পর সমান। অতএব ১° শ = $\frac{৯}{৫}$° ফা = $\frac{৪}{৫}$° রি

১° ফা = $\frac{৫}{৯}$° শ = $\frac{৪}{৯}$° রি, এবং

১° রি = $\frac{৫}{৪}$° শ = $\frac{৯}{৪}$° ফা

শতাংশিক ও রিওমারের তাপমানের যে বিন্দুতে শূন্য, ফারেণহীট তাপমানেরও যদি সেই বিন্দুতে শূন্য হইত, তাহা হইলে ফারেণহীটের কোন অংশকে শতাংশিক ও রিওমারের অংশে পরিণত করিতে হইলে উহাকে যথাক্রমে $\frac{৫}{৯}$ ও $\frac{৪}{৯}$ দিয়া গুণ করিলেই চলিত। কিন্তু শতাংশিক ও রিওমারের যে বিন্দুতে 0° শূন্য, ফারেণহীটের সেই বিন্দুতে ৩২°। এই নিমিত্ত ফারেণহীটের কোন অংশকে শতাংশিক ও রিওমারের অংশে আনয়ন করিতে হইলে উহা হইতে ৩২ অন্তর করিয়া যাহা অবশিষ্ট থাকে তাহাকে $\frac{৫}{৯}$ ও $\frac{৪}{৯}$ দিয়া ক্রমান্বয়ে গুণ করিতে হয়। ফারেণহীটের তাপমান অনুসারে যে দ্রব্যের উষ্ণতা ৯৫ অংশ, শতাংশিক ও রিওমারের তাপমান অনুসারে তাহার উষ্ণতা কত, ইহা নির্ণয় করিতে হইলে দেখিতে হইবে যে ৯৫ হইতে ৩২ অন্তর করিলে ৬৩ অবশিষ্ট থাকে। বিবেচনা করিলেই প্রতীতি হইবে যে দ্রবণবিন্দু অপেক্ষা প্রস্তাবিত বস্তুর উষ্ণতা এই ৬৩ অংশ মাত্র অধিক। পরন্তু শতাংশিক ও রিওমারের অংশ গুলি দ্বারা দ্রবমাণ তুষার সম্বন্ধে কোন

দ্রব্য কত উষ্ণ তাহাই প্রকাশিত হয়। আরও উল্লিখিত হইয়াছে যে, ফারেণহীটের ১ অংশ শতাংশিকের $\frac{৫}{৯}$ ও রিওমারের $\frac{৪}{৯}$ অংশের সমান। অতএব দ্রবমাণ তুষার অপেক্ষা যে বস্তু ফারেণহীটের (৯৫—৩২) অর্থাৎ ৬৩ অংশ উষ্ণ, শতাংশিক ও রিওমার অনুসারে তাহার উষ্ণতা যথাক্রমে $(৯৫-৩২)\frac{৫}{৯} = ৬৩ \times \frac{৫}{৯} = ৩৫^{\circ}$ শ, ও

$$(৯৫-৩২)\frac{৪}{৯} = ৬৩ \times \frac{৪}{৯} = ২৮^{\circ} \text{ রি।}$$

সাধারণতঃ ফারেণহীট তাপমান অনুসারে যাহার উষ্ণতা ফা, শতাংশিক ও রিওমার অনুসারে তাহার উষ্ণতা যথাক্রমে (ফা—৩২) $\frac{৫}{৯}$ এবং (ফা—৩২) $\frac{৪}{৯}$ অর্থাৎ,

$$(\text{ফা}-৩২)\frac{৫}{৯} = \text{শ},$$

$$(\text{ফা}-৩২)\frac{৪}{৯} = \text{রি}$$

অতএব দৃষ্ট হইতেছে, ফারেণহীটের কোন অংশকে শতাংশিক কি রিওমারের অংশে পরিণত করিতে হইলে, উহা হইতে ৩২ অন্তর করিয়া যাহা অবশিষ্ট থাকে তাহাকে ক্রমান্বয়ে $\frac{৫}{৯}$ ও $\frac{৪}{৯}$ দিয়া গুণ করিতে হয়।

যদি শতাংশিক কি রিওমারের কোন অংশকে ফারেণহীটের অংশে পরিণত করিতে হয়, তাহা হইলে উহাদিগের যথাক্রমে $\frac{৯}{৫}$ ও $\frac{৯}{৪}$ দিয়া গুণ করিয়া ৩২ যোগ করিতে হয়।

$$\frac{৯}{৫}\text{ শ} + ৩২ = \text{ফা, এবং}$$

$$\frac{৯}{৪}\text{ রি} + ৩২ = \text{ফা।}$$

উদাহরণ ১ ম। ফারেণহীটের ১২২ অংশ, শতাংশিকের কত অংশের সমান?

$(ফা - ৩২) \frac{৫}{৯} = (১২২ - ৩২) \frac{৫}{৯} = ৯০ \times \frac{৫}{৯} = ৫০$ শ

১২২° ফা = ৫০° শ।

২ য়। শতাংশিকের ৯৫ অংশকে ফারেণহীটের অংশে পরিণত কর।

ফা $= \frac{৯}{৫}$ শ $+ ৩২ = \frac{৯}{৫} \times ৯৫ + ৩২ = ১৭১ + ৩২ = ২০৩$

অতএব ৯৫° শ = ২০৩° ফা

৩য়। ফারেণহীটের ৫ অংশ শতাংশিকের কত অংশের সমান?

$(৫ - ৩২) \frac{৫}{৯} = -২৭ \times \frac{৫}{৯} = -১৫$° শ

৪ র্থ। শতাংশিক পরিমাপে যে দ্রব্যের উষ্ণতা দ্রব মাণ তুষার অপেক্ষা ৪০ অংশ কম, ফারেণহীট তাপমান অনুসারে তাহার উষ্ণতা কত হইবে?

$-৪০ \times \frac{৯}{৫} + ৩২ = -৭২ + ৩২ = -৪০$

∴ −৪০° শ = − ৪০° ফা

৫ ম। ফারেণহীটের ২৫৮ অংশে রিওমারের কত অংশ হইবে?

$(১৫৮ - ৩২) \frac{৪}{৯} = ১২৬ \times \frac{৪}{৯} = ৫৬$° রি

৬ ষ্ঠ। −৪° ফা, রিওমারের কত অংশের সমান।

$(-৪ - ৩২) \frac{৪}{৯} = -৩৬ \times \frac{৪}{৯} = -১৬$° রি

৭ ম। রিওমারের ৭২ অংশ ফারেণহীটের কত অংশের সমান?

$৭২ \times \frac{৯}{৪} + ৩২ = ১৬২ + ৩২ = ১৯৪$° ফা

৮ ম। রিওমারের ৫৬ অংশ, শতাংশিকের কত অংশের সমান?

১° রি = $\frac{৫}{৪}$ শ, ∴ ৫৬° রি = ৫৬ × $\frac{৫}{৪}$ = ৭০° শ

৯ ম। শতাংশিকের ৯০ অংশ রিওমারের কত অংশের সমান?

১° শ = $\frac{৪}{৫}$° রি ∴ ৯০° শ = ৯০ × $\frac{৪}{৫}$ = ৭২′ রি।

দ্রবমাণ তুষার মধ্যে নিমজ্জিত হইলে যে তাপমান যন্ত্রের পারদ অনতিবিলম্বেই অমনি ০°শ পর্য্যন্ত অবনত হইয়া পড়ে এবং স্ফুটন্ত জলোত্থিত বাষ্প মধ্যে নিমগ্ন করিলে যাহার অভ্যন্তরস্থ পারদ ১০০° শ পর্য্যন্ত উন্নত হইয়া উঠে সেই তাপমান যন্ত্রই উৎকৃষ্ট। যে সকল তাপমান যন্ত্র দোষশূন্য, তাহাদিগের ভিতরে লেশমাত্র বাতাস থাকে না। এ নিমিত্ত তাহাদিগকে বিপর্য্যস্ত করিলে অপর প্রান্তের সহিত পারদের অভিঘাত বশতঃ এক প্রকার শব্দ উৎপন্ন হয়। তাপমান যন্ত্রের অংশ সকলের পরিমাণ সমান হওয়া নিতান্ত আবশ্যক। অংশগুলি সমান কি না তাহা নিরূপণ করিতে হইলে ঈষৎ সঞ্চালন দ্বারা পারদস্তম্ভ হইতে কিঞ্চিৎ পারদ বিচ্ছিন্ন করিয়া তাহাকে এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্ত পর্য্যন্ত পরিচালিত করিতে হয়। যদি সকল অংশের পরিমাণ সমান হয় তাহা হইলে উক্ত পারদের দৈর্ঘ্য সকল প্রদেশেই সমান অংশ দ্বারা প্রকাশিত হইবে।

কাল সহকারে উৎকৃষ্ট উৎকৃষ্ট তাপমান যন্ত্র সকলও এত মন্দ হয় যে দ্রবমাণ তুষার মধ্যে নিমজ্জিত হইলে তাহাদের অভ্যন্তরস্থ পারদ ০°শ পর্য্যন্ত নামিয়া পড়ে না। ২°শ কি ১°শ পর্য্যন্ত নামিয়াই স্থির হয়। উত্তাপ

বশতঃ তাপমান যন্ত্রের পারদ যেরূপ প্রসারিত হয়, কাচ-নালীও সেইরূপ হইয়া থাকে। যদি পারদ ও কাচের প্রসারণের পরিমাণ সমান হইত তাহা হইলে আমরা উষ্ণানুষ্ণতা নিবন্ধন তাপমানের অন্তর্গত পারদের উন্নতি অপেক্ষা অবনতি অনুভব করিতে পারিতাম না। কিন্তু কাচ অপেক্ষা পারদ সাত গুণ অধিক প্রসারিত হয়। অতএব বলিতে হইবে, পারদের প্রকৃত উন্নতির সাত ভাগের ছয় ভাগ মাত্র আমরা দেখিতে পাই। উত্তাপ দ্বারা কাচমাত্রই বিস্তৃত হয়, কিন্তু সকল প্রকার কাচের বিস্তৃতির পরিমাণ সমান নহে। এই নিমিত্ত যে সকল তাপমান ভিন্ন ভিন্ন জাতীয় কাচ দ্বারা নির্ম্মিত, তাহাদের অভ্যন্তরস্থ পারদের উন্নতি সকল সময়ে সমান হয় না।

পারদের তুল্য তাপমান-নির্ম্মাণোপযোগী পদার্থ আর দেখিতে পাওয়া যায় না। অল্প উত্তাপেই ইহা অপেক্ষা-কৃত অধিক প্রসারিত এবং — ৩৬° শ ও ১০০°শ অংশের মধ্যে সমান সমান উত্তাপে প্রায় সমান দূর বিস্তৃত হয়।

উষ্ণতার পরিমাণার্থ যেরূপ পারদপূর্ণ কাচনালী ব্যব-হৃত হইয়া থাকে, তদ্রূপ সুরাসারপরিপূর্ণ কাচনালী দ্বারা শৈত্যের পরিমাণ নিরূপিত হয়। ৭৮° শ উষ্ণ হইলে সুরাসার ফুটিতে থাকে কিন্তু শীতল করিয়া ইহাকে এ পর্য্যন্ত কেহ কঠিন করিতে পারেন নাই।

পূর্ব্বেই উক্ত হইয়াছে ৩৫০° শ উষ্ণ হইলে পারদ ফুটিয়া উঠে। এই নিমিত্ত কঠিন পদার্থের বিস্তৃতি অব-লম্বন করিয়া অতীব উত্তপ্ত দ্রব্যসমূহের উষ্ণতা পরিমিত

হইয়া থাকে। এই সকল তাপমানকে সচরাচর 'বহ্নিমান' বলিয়া নির্দেশ করা যায়।

শীতাতপসংক্রান্ত পর্য্যবেক্ষণ করিতে হইলে দিবা-রাত্রিতে উহাদের কিরূপ হ্রাস বৃদ্ধি হয় তাহা নিরূপণ করা আবশ্যক। সচরাচর যে সকল তাপমান ব্যবহৃত হইয়া থাকে, অনবরত তাহাদিগের অন্তর্গত পারদস্তম্ভের উন্নতি ও অবনতি অবলোকন না করিলে উষ্ণতার হ্রাস বৃদ্ধির পরিমাণ স্থির করিতে পারা যায় না। এই অসু-বিধা নিরাকরণার্থ পদার্থবেত্তৃগণ কয়েক প্রকার যন্ত্র নির্ম্মাণ করিয়াছেন, তদ্দ্বারা উষ্ণানুষ্ণতার হ্রাস ও বৃদ্ধির সীমা অনায়াসে নির্ণয় করিতে পারা যায়। যে যন্ত্র দ্বারা উষ্ণ-তার বৃদ্ধির চরম সীমা জানিতে পারা যায় তাহার নাম 'গরিষ্ঠ তাপমান' আর যদ্দ্বারা উহার হ্রাসের শেষ সীমা জানিতে পারা যায় তাহার নাম 'লঘিষ্ঠ তাপমান'।

নিম্নে কতিপয় প্রধান প্রধান উষ্ণানুষ্ণতার স্থল লিখিত হইতেছে।

দ্বিযাঙ্কিক অঙ্গার ও তরল যাবক্ষারীয় অম্লজানের মিশ্রণে	—১৪° শ
ইথর ও তরল অঙ্গারিকাম্ল ...	—১১° শ
সুমেরু প্রদেশের অনুভূত শৈত্য ...	—৪৯.৫
পারদের দ্রবণ বিন্দু	— ৪০
তুষার ও লবণের মিশ্রণে	—২০
দ্রবমাণ তুষার	০
জলের চরম সান্দ্রতা	+৪

মনুষ্যরক্ত	৩৬°৬
স্ফোটনশীল জল	১০০
স্ফোটনশীল পারা	৩৫০
লোহিতোত্তাপ	৫২৬
দ্রবমাণ রৌপ্য	১০০২
দ্রবমাণ লৌহ	১৫৩০

পরিশেষে বলা কর্ত্তব্য যে, তাপমান যন্ত্র দ্বারা দ্রব্যাদির উষ্ণতার পরিমাণ মাত্র জানিতে পারা যায়, কিন্তু কাহারও তাপের পরিমাণ জানা যায় না। এক কলস জলমধ্যে কোন তাপমান যন্ত্র নিমগ্ন করিলে তাহার অন্তর্গত পারদ যে বিন্দু পর্য্যন্ত উত্থিত হয়, এক বাটি পরিমাণ সেই জলে নিমজ্জিত হইলেও সেই পর্য্যন্ত উঠিয়া থাকে কিন্তু এক বাটি জল অপেক্ষা এক কলস জলের তাপ অনেক অধিক, ইহা বলা বাহুল্য মাত্র।

'এক বাটী জলের উষ্ণতা ১ অংশ বৃদ্ধি করিতে যে তাপ প্রয়োগ করিতে হয় এক কলস জলের উষ্ণতা ১ অংশ বৃদ্ধি করিতে তদপেক্ষা অনেক অধিক উত্তাপ প্রয়োগ করা আবশ্যক। আরও দেখিতে পাওয়া যায় সমান তাপ প্রাপ্ত হইলেও সকল দ্রব্য সমান উষ্ণ হয় না। অল্প উত্তাপেই বালুকা অপেক্ষাকৃত অধিক উষ্ণ হয় ইহা সকলেই প্রত্যক্ষ করিয়াছেন। যে উত্তাপ নিবন্ধন ১ সের পারদের উষ্ণতা ৩০ অংশ বৃদ্ধি পায় তদ্দ্বারা ১ সের জলের উষ্ণতা ১ অংশমাত্র অধিক হয়। অতএব ১ সের জল ও ১ সের পারদের উষ্ণতা সমান হইলেও ১ সের পারা

অপেক্ষা ১ সের জলের তেজ ৩০ গুণ অধিক ইহা অবশ্যই স্বীকার করিতে হইবে। ফলতঃ তাপমান যন্ত্র দ্বারা দ্রব্যাদির উষ্ণতার পরিমাণ নিরূপিত হয়, কিন্তু কাহারও অন্তর্গত তেজের পরিমাণ জানিতে পারা যায় না।

তাপ।

৩য় পরিচ্ছেদ।

তাপনিবন্ধন জড় দ্রব্যের প্রসারণ।

১মতঃ তাপনিবন্ধন কঠিন দ্রব্যের প্রসারণ।

তাপ নিবন্ধন জড় বস্তু সকল প্রসারিত হয় ইহা পুনঃ পুনঃ বলা হইয়াছে। কি কঠিন, কি তরল, কি বায়বীয় সকল দ্রব্যই উত্তপ্ত হইলে প্রসারিত ও শীতল হইলে সঙ্কুচিত হয়। কঠিন দ্রব্য অপেক্ষা তরল এবং তরল দ্রব্য অপেক্ষা বায়বীয় দ্রব্য সকল অপেক্ষাকৃত অধিক প্রসারিত হয়। উষ্ণতা প্রযুক্ত কঠিন দ্রব্যসমূহের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্রফল ও ঘনফল এই তিনেরই বৃদ্ধি হয়। কঠিন বস্তুদিগের মধ্যে বরফ, দস্তা, সীসক, রাঙ, রৌপ্য, পিত্তল, তাম্র, লৌহ, ইস্পাত, প্লাটিনম ও কাচ, এই কয়েকটী সমধিক প্রসারণীয় এবং ইহাদিগের মধ্যে উত্তর উত্তরটী অপেক্ষা পূর্ব্ব পূর্ব্বটীর প্রসারণীয়তা অধিক। ৪৩০ ইঞ্চি দীর্ঘ কোন দস্তা নির্ম্মিত দণ্ডকে ০° শ হইতে ১০০°শ পর্য্যন্ত উষ্ণ করিলে উহার দৈর্ঘ্য ৪৩১ ইঞ্চি হয়। আর

১১২.৬ ইঞ্চি দীর্ঘ কোন প্লাটিনম নির্ম্মিত দণ্ড ঐরূপ উষ্ণ হইলে ১১২৭ ইঞ্চি হয়।

১ ফুট দীর্ঘ কোন বস্তুকে ০° শ হইতে ১°শ পর্য্যন্ত উষ্ণ করিলে তাহার দৈর্ঘ্যের যত টুকু বৃদ্ধি হয় তাহাকে উহার দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি বা রৈখিক প্রসারণের মান বলা যায়। ১ বর্গ ফুট যে দ্রব্যের ক্ষেত্রফল, ০°শ হইতে ১°শ পর্য্যন্ত উষ্ণ হইলে তাহার ক্ষেত্রফলের যতটুকু বৃদ্ধি হয় তাহাকে উহার ক্ষেত্র বৃদ্ধি বা বর্গীয় প্রসারণের মান বলে এবং ১ ঘন ফুট যাহার আয়তন ঐরূপ অবস্থায় তাহার আয়তনের যত টুকু বৃদ্ধি তাহাকে আয়তন বৃদ্ধি বা ঘন প্রসারণের মান কহে। সকল বস্তুর এই তিন প্রকার প্রসারণের মান সমান নহে। কিন্তু সকল বস্তুরই রৈখিক প্রসারণের যে মান, বর্গীয় ও ঘন প্রসারণের মান যথাক্রমে তাহার দ্বিগুণ ও ত্রিগুণ।

রৈখিক প্রসারণের মানকে ক্রমান্বয়ে ৩ ও ২ দিয়া গুণ করিলে ঘন ও বর্গীয় প্রসারণের মান জানিতে পারা যায়। মনে কর যদি কোন ঘন চতুষ্কোণ দ্রব্যের সকল বাহুর দৈর্ঘ্যই ০° শ উষ্ণতায় ১ ফুট হয় আর যদি ঐ দ্রব্যের রৈখিক প্রসারণের মান প্র হয় তাহা হইলে উহাকে ১ অংশ উষ্ণ করিলে উহার বাহুগুলির দৈর্ঘ্য ১+প্র হইবে এবং তাহা হইলে উহার আয়তন অবশ্য $(১+প্র)^৩ = ১+ ৩প্র+৩প্র^২+প্র^৩$ হইবে। কিন্তু পশ্চাল্লিখিত নির্ঘণ্ট দৃষ্টি করিলেই প্রতীত হইবে প্র অতি সামান্য রাশি, সুতরাং উহার বর্গ $প্র^২$ ও উহার ঘন $প্র^৩$ এত অল্প যে উহাদিগকে

বাদ দিলেও বিশেষ ক্ষতি হইবার কোন সম্ভাবনা নাই। অতএব $(১+প্র)^৩$=প্রায় ১+৩প্র, অর্থাৎ ঘন প্রসারণের মান ৩প্র। ঐরূপ যুক্তি দ্বারা আরও প্রতিপন্ন করা যাইতে পারে যে বর্গীয় প্রসারণের মান রৈখিক প্রসারণের মানের দ্বিগুণ। যে বস্তুর বাহুর দৈর্ঘ্য ১ ও দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির মান প্র, তাহার ক্ষেত্রবৃদ্ধি অবশ্য $(১+প্র)^২$=১+২প্র+$প্র^২$=প্রায় ১+২প্র, তাহার সন্দেহ নাই। অতএব যে বস্তুর রৈখিক প্রসারণ প্র তাহার বর্গীয় প্রসারণ ২প্র। সাধারণতঃ যদি কোন ঘন সমচতুষ্কোণ দ্রব্যের বাহুর দৈর্ঘ্য দৈ হয়, আর ০° শ হইতে ১°শ পর্য্যন্ত উষ্ণ হইলে উহার দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধি বা রৈখিক প্রসারণের মান প্র হয়, তাহা হইলে উহার

দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি—দৈ (১+প্র)

ক্ষেত্রবৃদ্ধি=$দৈ^২$ (১+২প্র) এবং

আয়তনবৃদ্ধি^{২}=$দৈ^৩$(১+৩প্র) হইবে।

নিম্নে কয়েকটী কঠিন দ্রব্যের রৈখিক প্রসারণের মান লিখিত হইল।

দস্তা	০.০০০০২৯৪১৭
সীসক	০.০০০০২৮৫৭৫
রাঙ্	০.০০০০২১৭৩০
রৌপ্য	০.০০০০১৯০৯৭
পিত্তল	০.০০০০১৮৭৮২
তাম্র	০.০০০০১৭১৮২
স্বর্ণ	০.০০০০১৪৬৬০
লৌহ	০.০০০০১২২০৪

ইস্পাত	......	......	......	০.০০০০১০৭৮৮
প্লাটিনম	......	....	......	০.০০০০০৮৮৪২
কাচ	......	......	.....	০.০০০০০৮৬১৩

যদি কোন ধাতুময় দণ্ডের রৈখিক প্রসারণের পরিমাণ প্র হয় আর যদি ০° শ ও উ° শ উষ্ণতায় উহার দৈর্ঘ্য যথাক্রমে দৈ ও দৈ´ হয়, তাহা হইলে দৈ´=দৈ (১+প্রউ) হইবে। বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীত হইবে, যে দৈ এই রাশিতে যতগুলি একক আছে তাহার প্রত্যেকটি ১° শ উষ্ণ হইলে যতটুকু করিয়া প্রসারিত হয় তাহার পরিমাণ প্র, অতএব প্রস্তাবিত বস্তুটীকে ০° শ হইতে ১°শ পর্য্যন্ত উষ্ণ করিলে উহার প্রসারণের পরিমাণ দৈপ্র হইবে এবং উ অংশ পর্য্যন্ত উত্তপ্ত করিলে উহার প্রসারণের পরিমাণ দৈপ্রউ হইবে। সুতরাং ০° শ হইতে উ অংশ পর্য্যন্ত উষ্ণ করিলে বস্তুটার দৈর্ঘ্য দৈ + দৈপ্রউ= দৈ (১+প্রউ)।

যদি কোন ধাতুময় দণ্ড কোন নির্দ্দিষ্ট উষ্ণতায় কত দীর্ঘ তাহা জানা থাকে, তাহা হইলে অন্য কোন উষ্ণতায় উহার দৈর্ঘ্য কত হইবে, তাহা অনায়াসে বলা যাইতে পারে।

মনে কর ০°শ উষ্ণতায় উহার দৈর্ঘ্য দৈ° এবং নির্দ্দিষ্ট উষ্ণতা উ° অংশে উহার দৈর্ঘ্য=দৈ; তাহা হইলে উ অংশে উহার দৈর্ঘ্য দৈ´ কত হইবে?

পূর্ব্বোক্ত সূত্র হইতে প্রতীয়মান হইবে।

দৈ=দৈ° (১+প্রউ)............(১)

এবং $দৈ' = দৈ_0 (১ + প্রউ')$ ....(২)

এই দুই সমীকরণের প্রথমটী হইতে দেখা যাইতেছে যে,

$$দৈ_0 = \frac{দৈ}{১ + প্রউ}$$

$$সুতরাং\ দৈ' = দৈ\ \frac{১ + প্রউ'}{১ + প্রউ}$$

$$কিন্তু\ \frac{১}{১ + প্রউ} = ১ - প্রউ + প্র^২ উ^২$$

$$= প্রায়\ ১ - প্রউ$$

$$সুতরাং\ দৈ' = দৈ\ (১ + প্রউ')\ (১ - প্রউ)$$

$$= দৈ\ (১ + প্রউ' - প্রউ - প্রউ'.\ প্রউ)$$

$$= দৈ\ (১ + প্রউ' - প্রউ)$$

$$= দৈ\ (১ + প্র)\ (উ' - উ)।$$

২ য়তঃ। তাপ নিবন্ধন দ্রব দ্রব্যের প্রসারণ। তাপ সহযোগে কঠিন দ্রব্য অপেক্ষা দ্রব দ্রব্য সকল সমধিক বিস্তৃত হয়। কঠিন দ্রব্যের মধ্যে দস্তার প্রসারণীয়তা সর্ব্বাপেক্ষা অধিক আর দ্রব দ্রব্যের মধ্যে পারদের প্রসারণীয়তা সর্ব্বাপেক্ষা অল্প; কিন্তু দস্তা অপেক্ষা পারদের প্রসারণীয়তা প্রায় ৮ আট গুণ অধিক।

কঠিন দ্রব্য স্থলে যেরূপ দৈর্ঘ্য, বিস্তার ও আয়তন তিনেরই বৃদ্ধি নিরূপিত হইয়া থাকে, দ্রব ও বায়বীয় দ্রব্য স্থলে যে সেরূপ হয় না, ইহা বলা বাহুল্য মাত্র। তরল দ্রব্যের কেবল আয়তন বৃদ্ধির মান নিরূপিত হইয়া থাকে।

তাপ সহকারে দ্রব দ্রব্য সকল যে রূপ প্রসারিত হয় উহাদিগের আধার পাত্র সকলও সেই রূপে হইয়া থাকে। এই নিমিত্ত দ্রবদ্রব্যের যে প্রসারণ আমরা প্রত্যক্ষ করি, তাহা উহাদিগের প্রকৃত প্রসারণ নহে। আধার পাত্রের প্রসারণের সহিত প্রত্যক্ষ প্রসারণ যোগ করিলে দ্রব দ্রব্য সকলের প্রকৃত প্রসারণের মান জানা যাইতে পারে। প্রত্যক্ষ ও প্রকৃত প্রসারণকে যথাক্রমে সাপেক্ষ ও নিরপেক্ষ প্রসারণ বলিয়া নির্দ্দেশ করা যাইতে পারে।

সমান তাপ প্রযুক্ত হইলেও সকল দ্রব দ্রব্য সমান পরিমাণে প্রসারিত হয় না। সচরাচর দৃষ্ট হইয়া থাকে, যাহারা অল্প উত্তাপেই ফুটিয়া উঠে তাহাদের বিস্তৃতির পরিমাণ অপেক্ষাকৃত অধিক। দ্রব দ্রব্য সকলকে যত উষ্ণ করা যায় ততই তাহাদের প্রসারণীয়তার পরিমাণ অধিক হয়। ০°শ হইতে ১০০°শ পর্য্যন্ত উষ্ণ করিলে ৫৫ ভাগ পারদ, ২৩ ভাগ জল ও ৯ ভাগ সুরাসারের আয়তন ১ ভাগ বর্দ্ধিত হয়।

সকল দ্রব দ্রব্যই যত উষ্ণ হয় ততই প্রসারিত হয়; কিন্তু জলের প্রসারণীয়তা সম্বন্ধে একটী বৈচিত্র দৃষ্ট হয়। ০°শ উষ্ণ জলে যত তাপ দেওয়া যায় ততই উহার আয়তন সঙ্কুচিত হয়, পরিশেষে ৪°শ পরিমাণে উষ্ণ হইয়া উঠিলে যে উত্তাপ দেওয়া যায় তদ্দারা রীতিমত প্রসারিত হইতে থাকে। অতএব দৃষ্ট হইতেছে, ৪°শ উষ্ণতায় জল ঘনত্বের পরাকাষ্ঠা প্রাপ্ত হয়। ৪°শ পরিমিত উষ্ণ জল উত্তপ্ত হইলে যে রূপ প্রসারিত হয় শীতল হইলেও তদ্রূপ

হইয়া থাকে। পার্শ্ববর্ত্তী চিত্রের অনুরূপ যন্ত্র দ্বারা ইহা প্রতিপন্ন করা যাইতে পারে; ইহা সুদীর্ঘ জলপূর্ণ কাচ পাত্রের মধ্য দেশে অপর একটী লবণ মিশ্রিত তুষার চূর্ণ পরিপূরিত পাত্র সন্নিবেশিত করিয়া দুইটী ছিদ্র দ্বারা উহার মধ্যে দুইটী তাপমান যন্ত্র প্রবিষ্ট করিয়া দেওয়া হইয়াছে। তুষারচূর্ণাদিতে পরিবেষ্টিত হওয়াতে অভ্যন্তরস্থ জল যত শীতল হয়,

নিম্নস্থ তাপমানের পারদ ততই সঙ্কুচিত হইতে থাকে। পরন্তু প্রথমে উপরিস্থ তাপমানের সেরূপ সঙ্কোচ দৃষ্ট হয় না। পরে জল যখন অত্যন্ত শীতল হইয়া আইসে তখন উভয় তাপমান দ্বারাই সমান উষ্ণতা বিজ্ঞাপিত হইতে থাকে। কিন্তু ৪° শ পরিমাণে শীতল হইলে নিম্নস্থ তাপমান সমভাবেই থাকে অথচ উপরিস্থ তাপমানের পারদ ক্রমশঃ সঙ্কুচিত হইয়া ০° শ পর্য্যন্ত আইসে। ৪° শ পরিমিত উষ্ণ জল শীতল হইলে যদি লঘু না হইত তাহা হইলে ঊর্দ্ধেও উঠিত না এবং উপরিস্থ তাপমানেরও সঙ্কোচ হইত না।

৩য়তঃ। তাপ নিবন্ধন বায়বীয় দ্রব্যের প্রসারণ। বায়বীয় বস্তুমাত্রেই সাতিশয় প্রসারণীয়। পূর্ব্বেই উল্লিখিত হইয়াছে, সমান তাপ প্রযুক্ত হইলেও সকল প্রকার কঠিন ও দ্রব দ্রব্য সমান পরিমাণে বিস্তৃত হয় না। পরন্তু সমান তাপ সংযোগে বায়ু মাত্রেই সমান পরিমাণে

প্রসারিত হয়। পরীক্ষা দ্বারা নিরূপিত হইয়াছে, যদি কোন বায়বীয় বস্তুর আয়তন ৯° শং উষ্ণতায় একটী আয়তনের এককের সমান হয় তাহা হইলে উহারে ০° শ হইতে ১০০° শ পর্য্যন্ত উষ্ণ করিলে উহার আয়তন ১.৩৬৬৫ হয়। সুতরাং ১০০° শ তাপ দ্বারা ১ আয়তনের যতটুকু বৃদ্ধি হয় তাহার পরিমাণ .৩৬৬৫। অতএব ১° শ দ্বারা ১ আয়তনের যতটুকু বৃদ্ধি হয় তাহার পরিমাণ .০০৩৬৬৫ $= \frac{১}{২৭৩}$; অর্থাৎ বায়বীয় বস্তু সকলের সম্প্রসারণের মান .০০৩৬৬৫ বা $\frac{১}{২৭৩}$। ফারেণহীটের পরিমাপ অনুসারে বায়ু সকলের প্রসারণের মান $\frac{৫}{৯} \times \frac{১}{২৭৩} = \frac{১}{৪৯১}$ হইয়া থাকে। সাধারণতঃ, ০° শ কি ৩২° ফা উষ্ণতায় যদি কোন বায়বীয় দ্রব্যের আয়তন আ হয় তাহাহইলে উহাতে শতাংশিক ও ফারেণহীটের উ অংশ তাপ প্রয়োগ করিলে উহার আয়তন আ´ যথাক্রমে $\text{আ}\left(১+\frac{\text{আউ}}{২৭৩}\right) = \text{আ}\left(১+\frac{\text{উ}}{২৭৩}\right)$

এবং $\text{আ} + \frac{\text{আউ}}{৪৯১} = \text{আ}\left(১+\frac{\text{উ}}{৪৯১}\right)$ হইবে।

$\text{আ}' = \text{আ}\left(১+\frac{\text{উ}}{৪৯১}\right)$, এই স্থলে 'উ' দ্বারা ৩২° ফা হইতে ফারেণহীটের উ অংশ পরিমাণে উষ্ণতার বৃদ্ধি বুঝাইতেছে, অর্থাৎ, (৩২+উ)° ফা পরিমিত উষ্ণতায় আ আয়তন বায়ু প্রসারিত হইয়া আ´ হয়।

যদি কোন নির্দ্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন বস্তুর আয়তন

না হয়, তাহা হইলে অন্য কোন উষ্ণতায় উহার আয়তন

$$আ' = আ\frac{১+প্রউ'}{১+প্রউ'}$$ হইবে।

মনে কর ০° শ উষ্ণতায় উহার আয়তন $আ_০$ এবং প্রসারণের মান হইত প্র।

$$আ' = আ_০ (১+প্রউ) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (১)$$

$$আ' = আ_০ (১+প্রউ') \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (২)$$

(১) টী হইতে দৃষ্ট হইতেছে,

$$আ_০ = \frac{আ}{১+প্রউ'}$$

$$\therefore আ' = \frac{১+প্রউ'}{১+প্রউ'}$$

$$সুতরাং \quad \frac{আ'}{আ} = \frac{১+প্রউ'}{১+প্রউ}।$$

ফারেণহীটের অংশ অনুসারে গণনা করিলেও ঠিক এই ফল হইবে। পরন্তু তাহা হইলে প্র=$\frac{১}{৪৯১}$ হইবে এবং উ' ও উ দ্বারা ৩২° ফা হইতে উত্তুং অংশ পরিমিত উষ্ণতার বৃদ্ধি বুঝাইবে। পূর্ব্বে বলা গিয়াছে, যদি উষ্ণতা সমভাবে থাকে তাহা হইলে প্রযুক্ত চাপের সহিত বায়বীয় বস্তু সকলের আয়তন বিলোম ভাবে পরিবর্ত্তিত হয়। অর্থাৎ,

$$\frac{আ'}{আ} = \frac{চা}{চা'}$$

আরও এস্থলে প্রতিপাদিত হইল উষ্ণতার তারতম্য বশতঃ বায়বীয় বস্তু সকলের আয়তন অনুক্ত সমীকরণ অনুসারে পরিবর্ত্তিত হইয়া থাকে। অর্থাৎ,

$$\frac{আ'}{আ} \quad \frac{১+প্রউ'}{১+প্রউ'}$$

অতএব যেখানে উষ্ণতা ও চাপ দুয়েরই পরিবর্ত্তন হয়, তথায়,

$$আ' = আ \frac{১+প্রউ'}{১+প্রউ'} \times \frac{চা}{চা'}$$

তাপ।

৪র্থ পরিচ্ছেদ।

তাপনিবন্ধন জড় বস্তুর অবস্থান্তরোৎপত্তি।

পূর্ব্বেই উল্লিখিত হইয়াছে, সমধিক উত্তপ্ত হইলে কঠিন বস্তু সকল দ্রব হইয়া যায়। কাষ্ঠ, কাগজ, পশম প্রভৃতি কতকগুলি দ্রব্যকে দ্রব করিতে পারা যায় না, উষ্ণ করিলে ইহাদের উপাদান সকল পৃথগ্‌ভূত হইয়া পড়ে। অনেকে মনে করেন, অঙ্গারাদি কতিপয় দ্রব্যকে কখনই দ্রব করিতে পারা যাইবে না; কিন্তু আমাদের বিবেচনায় এ সিদ্ধান্তটী যুক্তি সঙ্গত বলিয়া বোধ হয় না। অঙ্গারকে কোমলাবস্থায় পরিণত করা হইয়াছে এবং কালক্রমে ইহাকে দ্রবীভূত করিতে পারা যাইবে, ইহা কোন ক্রমেই

অসম্ভব বোধ হয় না। দ্রব্য মাত্রেই একটী নির্দ্দিষ্ট পরিমাণ উষ্ণতায় দ্রব হয়। ০° শ উষ্ণতায় বরফ দ্রব হইয়া জল হয়। সকলদেশেই ও সকল সময়েই ০° শ অথবা ৩২° ফা পরিমাণ উষ্ণতায় বরফ গলিয়া জল হয়। দ্রব্যাদির উপর যত অধিক চাপ প্রয়োগ করা যায়, তাহাদিগকে দ্রব করিতে তত অধিক উষ্ণ করিতে হয়। বায়ু বিজ্ঞান প্রকরণে উক্ত হইয়াছে ভূতলস্থ দ্রব্যসকল বায়ুরাশির চাপে সমাক্রান্ত। সাগর পৃষ্ঠে বায়ুরাশির চাপ প্রায় ৩০ ইঞ্চি পারার সমান। ৩০ ইঞ্চি চাপে ০° শ উষ্ণতায় বরফ দ্রব হয়, কিন্তু অধিক চাপ প্রযুক্ত হইলে সমধিক উষ্ণ না করিলে দ্রব হয় না।

দ্রবমাণ বস্তুতে যত তাপ প্রয়োগ করা যাউক না কেন, কিছুতেই তাহার উষ্ণতার বৃদ্ধি হয় না। আরও দেখিতে পাওয়া যায় যে দ্রবমাণ দ্রব্য ও তদুৎপন্ন দ্রব দ্রব্যের উষ্ণতা সমান। ০° শ অথবা ৩২° ফা পরিমাণ উষ্ণ হইলে পর বরফে যে তাপ প্রয়োগ করা যায় তদ্দারা উহার উষ্ণতার বৃদ্ধি হয় না; কিন্তু ঐ তাপের প্রভাবে বরফ দ্রব হইতে থাকে। দ্রবমাণ তুষারের পরিণামে যে জল উৎপন্ন হয় তাহারও উষ্ণতা ঠিক ০° শ অথবা ৩২° ফা। অতএব দৃষ্ট হইতেছে, ০° শ বরফকে ০° শ জলে পরিণত করিলে কিয়ৎ পরিমাণ তেজ অন্তর্হিত হয়। এই অন্তর্হিত তেজকে জলের অন্তর্গত অপ্রত্যক্ষ তেজ বলা যায়। ৮০° শ প্রমাণ উষ্ণ ১ সের জলের সহিত ০° শ প্রমাণ উষ্ণ ১ সের জল মিশ্রিত করিলে ৪০° শ প্রমাণ উষ্ণ ২ সের জল হয়।

কিন্তু ৮০° শ প্রমাণ উষ্ণ ১ সের জলের সহিত ০° শ প্রমাণ উষ্ণ ১ সের তুষারচূর্ণ মিশ্রিত করিলে ০° শ প্রমাণ উষ্ণ দুই সের জল হয়। সুতরাং প্রতীয়মান হইতেছে, ০° শ প্রমাণ উষ্ণ এক সের বরফ দ্রব হইয়া ০° শ প্রমাণ উষ্ণ এক সের জল হইলে যে তেজ অন্তর্হিত হয় তদ্দ্বারা ১ সের জলের উষ্ণতা ৮০° অংশ বৃদ্ধি করা যাইতে পারে। অন্যান্য কঠিন দ্রব্য দ্রব হইবার সময়েও এই রূপ ঘটিয়া থাকে, কিন্তু সকল দ্রব দ্রব্যের অন্তর্গত অপ্রত্যক্ষ তেজের পরিমাণ সমান নহে।

০° শ পরিমাণে উষ্ণ হইলে যেরূপ বরফ গলিয়া জল হয়, তদ্রূপ ০° শ পরিমাণে শীতল হইলে জল জমিয়া বরফ হয়। বরফ দ্রব হইবার সময়ে যতখানি তেজ অন্তর্হিত হয়, জল জমিবার সময়েও ঠিক ততখানি তেজ বিনির্গত হয়। ফলতঃ যে উষ্ণতায় কোন বস্তু দ্রব হয় ঠিক সেই উষ্ণতায় পুনরায় উহা ঘনীভূত হয়। আর গলিবার সময়ে যে পরিমাণ তেজ অন্তর্হিত হয়, জমিবার সময়ে সেই পরিমাণ তেজ বিনির্গত হয়। এই নিমিত্ত শীত প্রধান দেশে যখন দারুণ শীতের প্রভাবে জলাশয়াদির জল জমিতে আরম্ভ করে তৎকালে সেই হিমময় জলের অন্তর্গত অপ্রত্যক্ষ তেজ প্রকাশিত হইয়া দুরন্ত শীতের পরাক্রমকে কথঞ্চিৎ খর্ব্ব করে।

দ্রবীভূত হইলে দ্রব্যাদির আয়তনের বৃদ্ধি হয়। ১০০ ঘন ইঞ্চি গন্ধক দ্রব হইলে ১০৫ ঘন ইঞ্চি হয়। কিন্তু বরফ দ্রব হইলে সঙ্কুচিত এবং জল জমিলে প্রসারিত হয়।

০°শ উষ্ণ ১ আয়তন বরফ দ্রব হইলে ০°শ উষ্ণ .৯০৮ আয়তন জল উৎপন্ন হয় এবং ০°শ উষ্ণ ১ আয়তন জল জমিলে ০°শ উষ্ণ ১.১০২ আয়তন বরফ হয়। অন্যান্য তরল দ্রব্য জমিলে ভারী হয় কিন্তু জল জমিয়া বরফ হইলে লঘু হয়, এই নিমিত্ত বরফ জলে ভাসে।

জল জমিবার সময়ে বিস্তৃত হয়, ইহাতে শীত প্রধান দেশীয় নদী, হ্রদ, সমুদ্রাদি জমিয়া কঠিন হইলে বরফ উপরিভাগে ভাসিতে থাকে এবং নিম্নস্থ জল ৪° শ প্রমাণ উষ্ণ থাকাতে মৎস্যাদি জলচর জীবগণ মৃত্যুমুখে পতিত হয় না।

জল জমিয়া যখন বরফ হয় তখন উহার আয়তনের বৃদ্ধি সহকারে প্রসারণ শক্তিরও বিলক্ষণ বৃদ্ধি হয়। যদি কোন জলপূর্ণ লৌহময় বোতলের মুখ বন্ধ করিয়া অতিশয় শীতল কোন পদার্থের মধ্যে কিয়ৎক্ষণ রাখা যায়, তাহা হইলে উহার অভ্যন্তরস্থ জল বরফে পরিণত হয় এবং বরফ হইবার সময়ে উহার প্রসারণের বল এরূপ প্রবল হইয়া উঠে যে সেই লৌহ পাত্র বিদীর্ণ ও ভগ্ন হইয়া যায়। শীতপ্রধান দেশে রাত্রিকালে শীতের প্রভাবে জল প্রণালিকার অন্তর্গত জল জমিয়া যাওয়াতে কখন কখন সারণি সকল বিদীর্ণ ও ভগ্ন হইয়া যায়। কখন কখন জলের কুঁজও এই কারণে ভগ্ন হইয়া যায়। বৃষ্টিসহকারে পর্ব্বতের উপর যে জল প্রবিষ্ট হয় তাহার কিয়দংশ ছিদ্রাদি মধ্যে পতিত হয়, পরে শীত দ্বারা যখন তাহা তুষার

রূপে পরিণত হয় তখন এই কারণে প্রস্তর খণ্ড সকল বিদারিত হয়।

কঠিন দ্রব্য উত্তপ্ত হইলে দ্রব হয় এবং দ্রব দ্রব্য উষ্ণ হইলে বাষ্প হয়। কাগজ কাষ্ঠ প্রভৃতি কতকগুলি কঠিন দ্রব্যকে যে রূপ দ্রব করিতে পারা যায় না, মেদঃ নারিকেল তৈল প্রভৃতি কতিপয় তরল দ্রব্যকে সেই রূপ বাষ্পীয় অবস্থায় পরিণত করিতে পারা যায় না; উত্তাপ নিবন্ধন ইহাদিগের উপাদান সকল পৃথগ্‌ভূত অথবা ভিন্ন প্রকারে সংযুক্ত হয়। কর্পূর, আয়ডিন প্রভৃতি কতিপয় কঠিন বস্তু দ্রব না হইয়া একেবারেই বাষ্প হয়। বাষ্পীয় দ্রব্য সকল সচরাচর বর্ণহীন ও স্বচ্ছ হইয়া থাকে; কেবল আয়ডিন প্রভৃতি কয়েকটী দ্রব্যের বাষ্প বর্ণবিশিষ্ট। পূর্ব্বেই উক্ত হইয়াছে, বাষ্প ও বায়ুতে কোন বিশেষ প্রভেদ নাই, বাষ্পের বায়ব্য ভাব নৈমিত্তিক আর বায়ুদিগের স্বাভাবিক। যে সকল পদার্থ স্বভাবতঃ তরল তাহাদিগের পরিণামে যে বায়ুবৎ দ্রব্য উৎপন্ন হয় তাহাকে বাষ্প বলা যায়। বায়বীয় বস্তু-দিগের ন্যায় বাষ্পসকলও স্থিতিস্থাপক, উষ্ণতা ও চাপের তারতম্যানুসারে বায়বীয় দ্রব্য সকলের আয়তনাদির যে রূপ তারতম্য হয় বাষ্পদিগেরও ঠিক সেই রূপ হইয়া থাকে। শতাংশিকের ১ অংশ পরিমাণে উষ্ণতার বৃদ্ধি হইলে ইহাদিগের আয়তন হইত বা .০০৩৬৬৫ পরিমাণে বর্দ্ধিত হয়। অর্থাৎ ১ ঘন ইঞ্চি কি ১ ঘন ফুট কোন বায়ু কি বাষ্পের উষ্ণতা যদি ১° শ বৃদ্ধি করা যায়, তাহা

হইলে উহার আয়তন ১২৭৩ বা ১.০০৩৬৬৫ ঘন ইঞ্চি বা ঘন ফুট প্রমাণ হয়। সুতরাং ২৭৩ অংশ পরিমাণে উষ্ণতার বৃদ্ধি হইলে আয়তন দ্বিগুণিত হয়।

যে রূপ কঠিন দ্রব্যকে দ্রব করিতে সমান উত্তাপ প্রয়োগ করিতে হয় না, সেই রূপ সকল দ্রব দ্রব্যকে বাষ্প করিতে সমান উত্তাপ আবশ্যক হয় না। ভিন্ন ভিন্ন দ্রব দ্রব্য ভিন্ন ভিন্ন উষ্ণতায় বাষ্পাকার ধারণ করে। সুরাসার, জল, তার্পিন তৈল ও পারদ এই কয়েকটী দ্রব দ্রব্যকে ফুটাইতে হইলে উহাদিগকে যথাক্রমে ফারেণ-হীটের ২৭৩°, ২১২° ৩১৬° ও ৬৬০° অংশ পরিমাণে উষ্ণ করিতে হয়। এক জাতীয় কঠিন বস্তু সকল যেমন এক রূপ উষ্ণতায় দ্রব হয়, এক জাতীয় দ্রব দ্রব্য সকল সেই রূপ সমান পরিমাণে উষ্ণ হইলে ফুটিয়া উঠে। যেরূপ সর্ব্ব দেশে ও সর্ব্ব সময়েই ০° শ বা ৩২° ফা প্রমাণ উষ্ণ হইলে বরফ দ্রব হয় তদ্রূপ সকল স্থানে ও সকল কালেই ১০০° শ বা ২১২° ফা প্রমাণ উষ্ণ হইলে জল ফুটিতে থাকে।

পরন্তু নানাবিধ কারণে দ্রবণ বিন্দুর ন্যায় স্ফোটন বিন্দুরও ইতর বিশেষ হইয়া থাকে। ভিন্ন ভিন্ন প্রকার পাত্রে জলাদিকে পাক করিতে হইলে ভিন্ন ভিন্ন পরি-মাণে উষ্ণ করিতে হয়। ধাতু পাত্রে বিশুদ্ধ জল ঠিক ২১২° ফা অংশে ফুটিয়া থাকে, কিন্তু কাচ পাত্রে ২১৪° ফা পর্য্যন্ত উষ্ণ না করিলে ফুটে না। জলাদিতে যদি কোন কঠিন বস্তু দ্রবীভূত থাকে, তাহা হইলে অপেক্ষা-

কৃত অধিক উষ্ণ না হইলে ফুটে না। সাগর জলে নানাবিধ পদার্থ দ্রব হইয়া থাকে, এ নিমিত্ত বিশুদ্ধ জল অপেক্ষা উহার স্ফোটন বিন্দু ২। ৩ অংশ অধিক। যাহা হউক চাপ নিবন্ধন স্ফোটন বিন্দুর যে রূপ পরিবর্ত্তন হয়, তেমন আর কিছুতেই হয় না। পুনঃ পুনঃ উল্লিখিত হইয়াছে ভূতলস্থ সমস্ত পদার্থই বায়ুরাশির চাপে আক্রান্ত। এই চাপ অতিক্রম করিতে না পারিলে দ্রব দ্রব্য সকল কখনই ফুটে না। ফলতঃ যখন কোন দ্রব দ্রব্য সম্ভূত বাষ্পের প্রসারণ শক্তি বায়ুরাশির সমান হয় তখনই উহা ফুটিতে থাকে। যখন বায়ুরাশির চাপ ৩০ ইঞ্চি পারার সমান হয় কেবল সেই সময়েই ফারেণহীটের ২১২° অংশে জল ফুটিয়া উঠে। চাপের ন্যূনাধিক্য হইলে স্ফোটন বিন্দুরও ন্যূনাধিক্য হয়। পর্ব্বতের উপর বায়ুরাশির চাপ অপেক্ষাকৃত অল্প, এই জন্য তথায় অপেক্ষাকৃত অল্প উত্তাপে জলকে ফুটাইতে পারা যায়। পরীক্ষা দ্বারা নিরূপিত হইয়াছে, যত উচ্চে উঠা যায় ততই প্রতি ৫৩০ ফুটে ফারেণহাটের ১ অংশ করিয়া স্ফোটন বিন্দুর হ্রাস হয়। পর্ব্বতাদির উচ্চতা নিরূপণ করিবার এই একটী উপায়। বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্রের আধার পাত্রের ভিতর একটী জলপূর্ণ পাত্র রাখিয়া বায়ু নিষ্কাশন করিলে পাত্র স্থিত জল টগ্ বগ্ করিয়া ফুটিতে থাকে। নির্ব্বাত স্থলে দ্রব দ্রব্য সকলকে ১৪০° ফা, ও এমন কি ৭০° ফা পরিমিত উষ্ণতায় ফুটিতে দেখা যায়। নির্ব্বাত স্থানে ফারেণহাটের ৭২° অংশে জল ফুটিয়া উঠে। ফলতঃ উষ্ণ

হইলেই যে জল ফুটে, কি ফুটিলেই যে জল উষ্ণ হয়, এরূপ কোন নিয়ম নাই।

দ্রব দ্রব্য সকল ফুটিয়া উঠিলে তাহাদিগকে যত উত্তপ্ত করা যাউক না কেন, কিছুতেই তাহাদের উষ্ণতার বৃদ্ধি হয় না। আরও দেখিতে পাওয়া যায় যে দ্রবমাণ কঠিন দ্রব্য ও তদুৎপন্ন দ্রব দ্রব্যের উষ্ণতা যেরূপ একেবারে অভিন্ন, স্ফোটনশীল দ্রব দ্রব্য ও তদুৎ-পন্ন বাষ্পের উষ্ণতাও ঠিক সেই রূপ সমান। বিশুদ্ধ জল ২১২° ফা পরিমাণে উষ্ণ হইলে ফুটিয়া উঠে. এবং একবার ফুটিয়া উঠিলে উহাতে যত উত্তাপ দেওয়া যায় তদ্দ্বারা উহার উষ্ণতার কিছুমাত্র বৃদ্ধি হয় না। আবার স্ফোটনশীল জল হইতে যে বাষ্প উৎপন্ন হয় তাহারও উষ্ণতা ঠিক ২১২° ফা। অতএব প্রতীয়মান হইতেছে, কঠিন দ্রব্য দ্রব হইবার সময়ে যে রূপ কিয়ৎ পরিমাণ তেজ অপ্রত্যক্ষ হয়, দ্রব দ্রব্য বাষ্প হইবার সময়েও সেই রূপ কিয়দংশ তেজ অদৃশ্য হইয়া থাকে। যে পরিমাণে তাপ দিলে ১ দণ্ডের মধ্যে তুষার হিম জল ফুটিয়া উঠে, সেই পরিমাণে প্রায় আর (৫.৪) সার্দ্ধ পাঁচ দণ্ড কাল উত্তপ্ত না করিলে উহা বাষ্প হয় না। অর্থাৎ হিম জলকে ৩২° ফা হইতে ২১২° ফা পর্য্যন্ত উষ্ণ করিতে যে পরিমাণে উষ্ণ করিতে হয়, ২১২° ফা প্রমাণ উষ্ণ জলকে ২১২° ফা প্রমাণ উষ্ণ জলীয় বাষ্পে পরিণত করিতে তদপেক্ষা ৫·৪ গুণ অধিক পরিমাণে উষ্ণ করা আবশ্যক। অতএব জলীয় বাষ্পের অপ্রত্যক্ষ তেজের পরিমাণ প্রায়

১৮০ × ৫.৪ = ৯৭০° ফা। ০° শ ১সের জলের সহিত ১০০°শ ১সের জল মিশ্রিত করিলে ৫০°শ প্রমাণ উষ্ণ ২ সের জল উৎপন্ন হয়। কিন্তু ১০০°শ ১ সের জলীয় বাষ্পকে শীতল জলের মধ্যস্থিত কোন নলের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিয়া ১০০°শ ১ সের জল উৎপাদন করিলে এত তেজ বিনির্গত হয় যে, তদ্দ্বারা ৫.৪ সের জল ১°শ হইতে ১০০°শ পর্য্যন্ত উষ্ণ হয়। সুতরাং জলীয় বাষ্পের অন্তর্গত অপ্রত্যক্ষ তেজের পরিমাণ = ১০০ × ৫.৪ = ৫৪০° শ = ৯৭২° ফা। আরও দৃষ্ট হইতেছে যে, জল বাষ্প হইলে যে তেজ অন্তর্হিত হয়, জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হইয়া জল হইলে পুনর্ব্বার সেই তেজ প্রকাশিত হয়।

যে সকল দ্রব্য জলে দ্রবীভূত হইয়া থাকে, উহা বরফে কি বাষ্পে পরিণত হইলে তৎসমুদায় বিমুক্ত হয়। বরফ দ্রব কি জলীয় বাষ্প ঘন হইলে যে জল উৎপন্ন হয় তাহা এই কারণে বিশুদ্ধ। বৃষ্টির জলও এই নিমিত্ত বিশুদ্ধ। সচরাচর বিশুদ্ধ জল প্রস্তুত করিতে হইলে জলাশয়াদির জল লইয়া তাহাকে উত্তাপ দ্বারা বাষ্প এবং সেই বাষ্পকে ঘনীভূত করিয়া পুনর্ব্বার জল করা যায়। এই রূপে যে জল বিশোধিত হয় তাহাকে চোঁয়ান জল বলে।

দ্রব দ্রব্যের উপরিভাগ হইতে সর্ব্বদাই বাষ্প উত্থিত হইয়া থাকে। নদী, হ্রদ, সমুদ্র সরোবরাদির পৃষ্ঠদেশ হইতে নিরন্তই বাষ্প উত্থিত হইতেছে, ইহা সকলেই অবগত আছেন। কোন অনাচ্ছাদিত পাত্রে কিঞ্চিৎ

জল রাখিলে যে ক্রমে ক্রমে সমুদয় টুকু তিরোভূত হয়, এই রূপ বাষ্পনিঃসরণই তাহার কারণ। আর্দ্র বস্ত্র হইতে এই রূপে বাষ্প উদ্গত হয় বলিয়া উহা শুষ্ক হয়। কতিপয় কঠিন পদার্থের উপরিভাগ হইতেও এই রূপে বাষ্প উঠিয়া থাকে। সকলেই জানেন অনাবৃত পাত্রে কর্পূর রাখিলে উহা অল্প কালের মধ্যেই উড়িয়া যায়। এই সকল স্থলে বাষ্পনিঃসরণ অতি ধীরে সম্পন্ন হইয়া থাকে। এক্ষণে বিবেচনা করিয়া দেখিলে প্রতীতি হইবে যে, দ্রব দ্রব্য ফুটিত হইলেই বাষ্প উৎপন্ন হয়, অন্য প্রকারে হয় না, এরূপ নহে। যত উষ্ণ হইলে কোন দ্রব দ্রব্য ফুটিয়া উঠে তদপেক্ষা অনেক অল্প উষ্ণতাতেও উহার উপরিভাগ হইতে আস্তে আস্তে বাষ্প উদ্গত হয়। স্ফোটনবিন্দুর যেরূপ একটী নিয়ম আছে বাষ্পোদ্গমন বিন্দুর সেরূপ কোন নিয়ম নাই অর্থাৎ কোন দ্রব দ্রব্যকে ফুটাইয়া বাষ্প করিতে হইলে যেরূপ কোন নির্দ্দিষ্ট পরিমাণে উষ্ণ করিতে হয় সেই রূপ কোন নির্দ্দিষ্ট পরিমাণে উষ্ণ না করিলে যে উহার উপরিভাগ হইতে বাষ্প নিঃসরণ হয় না, এরূপ নহে। উষ্ণতা যেরূপ হউক না কেন, সকল সময়েই দ্রব দ্রব্যের উপরিভাগ হইতে বাষ্প উদ্গত হইয়া থাকে, পরন্তু উষ্ণতার যত বৃদ্ধি হয় বাষ্প-নিঃসরণও তত অধিক হইয়া থাকে। সুতরাং স্ফোটন বিন্দু পর্য্যন্ত উষ্ণ হইলে সমুদায় বস্তুটুকু বাষ্প রূপে পরিণত হয়। বাষ্প নিঃসরণ কালে কেবল উপরিস্থ পরমাণু

সঙ্কীর্ণ মুখ বিশিষ্ট পাত্রে রাখিলে উহা হইতে যে পরিমাণে বাষ্প উদ্গত হয় প্রশস্ত মুখ যুক্ত পাত্রে স্থাপিত করিলে তদপেক্ষা অনেক অধিক পরিমাণে বাষ্প উত্থিত হইয়া থাকে।

চাপের ন্যূনাধিক্য হেতু বাষ্পনিঃসরণের ন্যূনাধিক্য হইয়া থাকে। জলাদির উপর বায়ুরাশির চাপ যত অধিক হয় উহাদের পৃষ্ঠদেশ হইতে তত অল্প পরিমাণে বাষ্প উত্থিত হয়; আর চাপ যত অল্প হয় বাষ্প নিঃসরণ তত অধিক হইয়া থাকে। বায়ু নিষ্কাশন যন্ত্রে কিঞ্চিৎ ঈথর নামক এক প্রকার অতি বিরল দ্রব দ্রব্য স্থাপন করিয়া বায়ু নিষ্কাশন করিলে এরূপ প্রবল বেগে বাষ্প নিঃসরণ হইতে থাকে যে অনতিবিলম্বেই উহা ফুটিয়া উঠে। ফলতঃ বাষ্পপরিণামশীল দ্রব দ্রব্য মাত্রেই নির্ব্বাত স্থলে স্থাপিত হইলে অমনি তৎক্ষণাৎ বাষ্প রূপে পরিণত হয়।

পূর্ব্বে উল্লিখিত হইয়াছে, কোন সুদীর্ঘ কাচনালীর এক প্রান্ত আবদ্ধ করিয়া যদি উহাকে পারদপূর্ণ করতঃ অপর একটী পারদপূর্ণ পাত্রে বিপরীত ভাবে নিমগ্ন করা যায় তাহা হইলে উহার অভ্যন্তরস্থ পারদ অবনত হইতে থাকে এবং যে বিন্দু পর্য্যন্ত নামিয়া পড়িলে পাত্রস্থ পারদের পৃষ্ঠদেশ হইতে উহার উচ্চতা ৩০ ইঞ্চি হয়, সেই বিন্দুতে আসিয়া অবশেষে স্থির হয়। পাত্রস্থিত পারদের পৃষ্ঠদেশ বায়ুরাশির চাপে আক্রান্ত, কিন্তু উহার অন্তর্গত যে স্থলটী নলদ্বারা অধিকৃত

সেই স্থলস্থিত যে সকল পারদ পরমাণু নলের বহিঃস্থিত পারদরাশির পৃষ্ঠস্থিত পরমাণুদিগের সহিত সমসূত্র পাতে অবস্থিত তাহারা নলের অভ্যন্তরস্থ ৩০ ইঞ্চি উচ্চ পারদ স্তম্ভের চাপে সমাক্রান্ত, অতএব বায়ু রাশির চাপ এবং ৩০ ইঞ্চি (অথবা ৭৬০ মিলিমিটর) পারার চাপ সমান। বায়ুরাশির চাপের ন্যূনাধিক্য হেতু উক্ত কাচনালীর অন্তর্গত পারদের উন্নতি ৩০ ইঞ্চি হইতে কখন অল্প ও কখন অধিক হইয়া থাকে। ফলতঃ বায়ু রাশির চাপ যে রূপ হয় এই যন্ত্রস্থিত পারদের উচ্চতাও সেই রূপ হইয়া থাকে। এই কারণে বায়ুরাশির চাপের পরিমাণ নিরূপণার্থ এই রূপ যন্ত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে। এই যন্ত্রকে বায়ুমান যন্ত্র বলে।

উল্লিখিত রূপ বায়ুমান যন্ত্রের কাচনালীর অন্তর্গত পারদের উপরিস্থিত প্রদেশ শূন্যময়। ঐ শূন্যময় প্রদেশে যদি কিঞ্চিৎ ঈথর প্রবিষ্ট করিয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে উহা অমনি তৎক্ষণাৎ বাষ্প রূপে পরিণত হয় এবং তদীয় বাষ্পের প্রসারণ শক্তি বশতঃ পারদ স্তম্ভ কিঞ্চিৎ অবনত হইয়া পড়ে। আর কিঞ্চিৎ ঈথর প্রবেশ করাইয়া দিলে সমধিক বাষ্পোৎপত্তি ও তৎসহকারে পারদ স্তম্ভের সমধিক অবনতি হয়। পরন্তু কিয়ৎক্ষণ ক্রমাগত এই রূপে কিঞ্চিৎ করিয়া ঈথর প্রবিষ্ট করিয়া দিলে অবশেষে আর উহা হইতে বাষ্প নিঃসরণ হয় না, সুতরাং পারদেরও আর অবনতি হয় না। ঈথরের পরিবর্ত্তে সুরাসার, জল কি অন্য কোন বাষ্পপরিণামশীল দ্রব্য

প্রবেশ করাইয়া দিলেও ঠিক এই রূপ ব্যাপার ঘটিয়া থাকে। কিন্তু ঈথরীয় বাষ্পদ্বারা পারদ স্তম্ভের যে পরিমাণ অবনতি হয়, সুরাসার বাষ্পদ্বারা তদপেক্ষা অল্প এবং জলীয় বাষ্প দ্বারা তদপেক্ষা আরও অল্প পরিমাণে অবনতি হইয়া থাকে। আরও দেখিতে পাওয়া যায়, উষ্ণতার যত বৃদ্ধি হয় বাষ্পনিঃসরণ ও পারদের অবনতি তত অধিক হইয়া থাকে এবং স্ফোটন বিন্দু পর্য্যন্ত উষ্ণ হইলে যে বাষ্প উদ্গত হয় তাহার প্রসারণশক্তি দ্বারা কাচনালীর অভ্যন্তর হইতে সমুদায় পারদ নিরাকৃত হয়। সুতরাং প্রতীয়মান হইতেছে :—

১মতঃ বাষ্প পরিণামশীল দ্রব দ্রব্য সকল শূন্যময় স্থলে স্থাপিত হইলে ক্ষণকাল মধ্যেই বাষ্পরূপে পরিণত হয়।

২য়তঃ উষ্ণতা সমান হইলেও সকল দ্রব দ্রব্য সম্ভূত বাষ্পের প্রসারণ শক্তি সমান হয় না।

৩য়তঃ উষ্ণতার পরিবর্ত্তনানুসারে বাষ্প সকলের প্রসারণ শক্তির পরিবর্ত্তন হয়। আর স্ফোটন বিন্দু পর্য্যন্ত উষ্ণ হইলে বাষ্পদিগের স্থিতিস্থাপকতা বা প্রসারণশক্তি বায়ুরাশিক চাপের সমান হয়।

৪র্থতঃ উষ্ণতা স্থির থাকিলে দ্রব দ্রব্য হইতে কোন নির্দ্দিষ্ট পরিমাণে বাষ্প উৎক্ষিপ্ত হইলে আর উহা হইতে বাষ্প নিঃসরণ হয় না। পরন্তু বাষ্পোৎপত্তি নিবৃত্ত হইবার পূর্ব্বে ভিন্ন ভিন্ন দ্রব দ্রব্য হইতে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণে বাষ্প উদ্গত হইয়া থাকে।

যখন কোন স্থান কোন দ্রব দ্রব্য সম্ভূত বাষ্পে

এরূপ পরিপূর্ণ হয় যে তথায় ঐ দ্রব দ্রব্যটী অধিক পরি-মাণে থাকিলেও আর তাহা হইতে বাষ্প উৎক্ষিপ্ত হয় না, তখন সেই স্থানকে তাহার বাষ্প কর্ত্তৃক "পরিসিক্ত" বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়। যে বাষ্প কোন স্থলকে পরিসিক্ত করিয়া অবস্থিতি করে তাহাকে "পরিসেচক" বাষ্প বলে।

চাপের ইতর বিশেষ বশতঃ বায়বীয় বস্তুদিগের ন্যায় বাষ্পীয় বস্তুদিগেরও ঘনত্ব ও স্থিতিস্থাপকতার ইতর বিশেষ হইয়া থাকে, ইহা পূর্ব্বেই বলা গিয়াছে। কিন্তু পরিসেচক বাষ্প স্থলে এই নিয়মের কিঞ্চিৎ অন্যথা দৃষ্ট হয়। স্ব স্ব দ্রব দ্রব্যের সহিত একত্র বিদ্যমান পরিসেচক বাষ্প সকলের ঘনত্ব এবং স্থিতিস্থাপকতা বা প্রসারণ শক্তি চাপ সাপেক্ষ নহে। চাপের হ্রাস বৃদ্ধি বশতঃ উহাদিগের ঘনত্ব কি স্থিতিস্থাপকতার কোন রূপ হ্রাস বৃদ্ধি হয় না। চাপের আধিক্য হইলে কিয়ৎপরিমাণ বাষ্প ঘনীভূত হইয়া তরল হয় এবং চাপের অল্পতা হইলে নিম্নস্থ দ্রব দ্রব্য হইতে আর কিঞ্চিৎ বাষ্প উত্থিত হয়, ইহাতে ঘনত্ব পূর্ব্ববৎ থাকে। ঘনত্বের পরিবর্ত্তন না হওয়াতে স্থিতিস্থাপকতা বা প্রসারণ শক্তিরও কোন রূপ পরিবর্ত্তন হয় না; কেননা ঘনত্ব ও স্থিতিস্থাপকতা সর্ব্বদাই পরস্পরের অনুরূপ হইয়া থাকে। অতএব দৃষ্ট হইতেছে পরিসিক্তাবস্থায় বাষ্প সকল ঘনত্বের চরম সীমা প্রাপ্ত হয় এবং চাপ দ্বারা কোন ক্রমেই উহাদিগকে ঘনতর করিতে পারা যায় না। চরম ঘনত্ব সম্পন্ন বাষ্প সকলকে

চাপ কি শৈত্য কি এতদুভয়ের দ্বারা ঘনীভূত করিতে গেলে উহাদের কিয়দংশ তরল হইয়া যায়।

বায়ুরাশিতে সর্ব্বদাই জলীয় বাষ্প আছে। যখন কোন স্থলের বায়ু জলীয় বাষ্প দ্বারা পরিসিক্ত হয় তখন উষ্ণতার কিঞ্চিৎ হ্রাস হইলেই কিয়দংশ বাষ্প ঘনীভূত হইয়া নীহারবিন্দুরূপে পরিণত হয়। কিন্তু জলীয় বাষ্প দ্বারা বায়ু যদি পরিসিক্ত না হয়, তাহা হইলে উষ্ণতার সমধিক হ্রাস না হইলে শিশির সঞ্চার হয় না। তাপমান যন্ত্রের পারদ যে অঙ্ক পর্য্যন্ত নামিয়া পড়িলে নীহারোৎপত্তি হয় তাহাকে 'নীহারাঙ্ক' বলে।

চতুঃপার্শ্বস্থ বায়ু যখন সঞ্চালিত হইতে থাকে তখন বাষ্প নিঃসরণ অধিক পরিমাণে হইয়া থাকে। কিন্তু বায়ু যদি স্থির থাকে তাহা হইলে বাষ্প নিঃসরণ তাদৃশ অধিক হয় না। বায়ু স্থির থাকিলে দ্রব দ্রব্যাদির চতুঃপার্শ্বস্থ বাতাস ক্ষণকাল মধ্যেই বাষ্পময় হওয়াতে বাষ্পোৎপত্তির প্রতিবন্ধক হয়। কিন্তু বাতাস চলিতে থাকিলে প্রতিক্ষণ নূতন নূতন বায়ু সংস্পর্শে অধিক পরিমাণে বাষ্প উদ্গত হয়।

উষ্ণানুষ্ণতার পরিমাণ যে রূপই হউক, তাপ পরিশোষিত না হইলে বাষ্প উৎক্ষিপ্ত হয় না। বাষ্পোৎপত্তির নিমিত্ত যে তেজের প্রয়োজন যদি বাষ্পনিঃসরণ সময়ে দ্রব দ্রব্য সকল সেই তেজ অন্যত্র হইতে প্রাপ্ত না হয় তাহা হইলে উহাদের উষ্ণতার হ্রাস হয়। আরও দেখিতে পাওয়া যায় বাষ্পনিঃসরণ বেগ যত প্রবল হয়

দ্রব দ্রব্যাদিও তত শীতল হইয়া থাকে। বায়ু নিষ্কাশন যন্ত্রের আধার মধ্যে অতিশয় উগ্র গন্ধক দ্রাবক পূরিত কোন পাত্রের উপর একটি ক্ষুদ্র অথচ প্রশস্ত মুখ সম্পন্ন পাত্রে কিঞ্চিৎ জল রাখিয়া আধার পাত্রের অন্তর্গত বায়ু নিষ্কাশন করিলে অভ্যন্তরস্থ জল হইতে বাষ্প উঠিতে না উঠিতে নিম্নস্থ দ্রাবক দ্বারা পরিশোষিত হয়, ইহাতে প্রবল বেগে বাষ্পোদ্গম হইতে থাকে এবং জল এরূপ শীতল হইয়া আইসে যে কিয়ৎক্ষণের মধ্যেই বরফে পরিণত হয়।

ওডিকলন, ঈথর প্রভৃতি শীঘ্র বাষ্প পরিণামশীল বস্তু সংস্পর্শে শরীর শীতল হয়, তাহার কারণ এই যে, উহারা বাষ্প হইবার সময়ে শরীর হইতে তেজ গ্রহণ করে। বৃষ্টির পর বাতাস শীতল হয়, কেননা বৃষ্টি সম্ভূত জল কণা সকল ভূমি ও বায়ু হইতে তেজ গ্রহণ করিয়া বাষ্প হয়। গ্রীষ্ম কালে কুঁজতে জল রাখিলে অপেক্ষাকৃত শীতল হয় তাহার কারণ এই যে,কুঁজ সচ্ছিদ্র ; উহার ছিদ্র দিয়া জলকণা সকল বহির্ভাগে নির্গত হইয়া বাষ্পাকার ধারণ করিবার সময়ে অভ্যন্তরস্থ জল হইতে তেজ গ্রহণ করে। বাতাসে রাখিলে কুঁজর জল আরও শীতল হয়। ঘরের মেজেতে জল ছিটাইলে সেই জল বাষ্প হইবার সময়ে ঘরের ও ঘরের অভ্যন্তরস্থ বায়ুর তেজ গ্রহণ করাতে শৈত্যের অনুভব হয়। ধনাঢ্য ব্যক্তিদিগের প্রাসাদে পাখা ও জলসিক্ত খস্ খস্ টাটীদ্বারায় যে শৈত্য সুখানুভব হইয়া থাকে, জলবিন্দু সকল বাষ্প হইবার সময়ে তেজ পরিশোষিত করাই তাহার কারণ।

৫ম পরিচ্ছেদ।

তাপসঞ্চালন।

পরিচালন, পরিবাহন ও বিকিরণ এই তিন প্রকারে এক স্থানের তাপ স্থানান্তরে নীত হইয়া থাকে। সকলেই অবগত আছেন, কোন লৌহদণ্ডের এক প্রান্ত অগ্নির উপর ধরিলে ক্রমে ক্রমে অপর প্রান্ত পর্য্যন্ত উত্তপ্ত হইয়া উঠে। যে গুণ থাকাতে জড় দ্রব্যাদির পরমাণু সকল এই রূপে তাপ সঞ্চালন করে তাহার নাম পরিচালকতা আর যে ক্রিয়া দ্বারা এই রূপে কণা হইতে কণান্তরে তাপ সঞ্চালিত হয় তাহার নাম পরিচালন। যে সকল বস্তু তেজ পরিচালনক্ষম তাহাদিগকে পরিচালক বলে।

সকল দ্রব্যের পরিচালকতাগুণ সমান নহে। বাষ্প ও দ্রব দ্রব্যাপেক্ষায় কঠিন বস্তু সকল সমধিক তেজঃ পরিচালক এবং কঠিন বস্তুদিগের মধ্যে ধাতু দ্রব্য সকলের পরিচালকতা শক্তি অপেক্ষাকৃত অধিক। রৌপ্য, তাম্র, স্বর্ণ, পিত্তল, রঙ্গ, লৌহ, ইস্পাত, সীস, প্লাটিনম এই কয়েকটী দ্রব্য প্রবল পরিচালক, কিন্তু ইহাদের পূর্ব্ব পূর্ব্বটীর অপেক্ষা উত্তর উত্তরটীর পরিচালকতা শক্তি অপেক্ষাকৃত অল্প। ধাতু দ্রব্য অপেক্ষা প্রস্তর ও কাচের পরিচালকতা শক্তি অনেক অল্প এবং অঙ্গার, কাষ্ঠ, বরফ, বালুকা প্রভৃতি দ্রব্যের পরিচালকতা শক্তি তদপেক্ষাও অল্প। কোন দীর্ঘ লৌহদণ্ডের এক প্রান্ত অগ্নি সংযুক্ত হইলে অপর প্রান্ত স্পর্শ করিতে পারা যায় না কিন্তু

কোন প্রজ্বলিত কাষ্ঠ খণ্ডের যে ভাগে অগ্নি জ্বলিতেছে তাহার ঠিক পার্শ্বে হাত দিলেও কিছুই হয় না। এইরূপ অঙ্গারের এক ভাগ অগ্নিময় হইয়া উঠিলেও অন্য ভাগ দ্বারা উহারে অনায়াসে হস্তে ধারণ করিতে পারা যায়। কাচদণ্ডের এক দিক অগ্নিতে দ্রব হইয়া গেলেও অপরদিক কিছুমাত্র উষ্ণ হয় না।

তুলা, রেশম প্রভৃতি দ্রব্যের পরিচালকতা শক্তি এত অল্প, যে ইহাদিগকে অপরিচালক বলিলেও নিতান্ত অত্যুক্তি হয় না। যে সকল বস্তুর পরিচালকতা শক্তি অল্প তদ্দ্বারা পরিধেয় বস্ত্র নির্ম্মাণ করা কর্ত্তব্য। কেননা তাহা হইলে শীতকালে শরীরস্থ তেজ বিনির্গত হইয়া বাহিরে যাইতে পারে না, গ্রীষ্ম সময়ে বাহিরের তেজ শরীর মধ্যে প্রবিষ্ট হইতে পারে না। কম্বল দিয়া বরফ জড়াইয়া রাখিলে যে উহা শীঘ্র দ্রব হয় না কম্বলের দুর্ব্বল পরিচালকতা শক্তিই তাহার কারণ।

তরল ও বায়বীয় দ্রব্য সকলের ভিতর দিয়া তেজ পরিচালিত হয় না। এই কারণ কোন জল পূর্ণ পাত্রের ঊর্দ্ধদেশে তাপ প্রয়োগ করিলে তদ্দ্বারা নিম্নস্থ জল কিছুমাত্র উষ্ণ হয় না। তবে যে কোন পাত্রে জল রাখিয়া তাহার নীচে জ্বাল দিলে সমুদায় জল শীঘ্র উষ্ণ হয়, তাহার অন্যবিধ কারণ আছে। তাপ সংযোগে নিম্নস্থ জল প্রথমে উত্তপ্ত হয়, উত্তপ্ত হইলেই লঘু হয়, লঘু হইলেই সুতরাং ঊর্দ্ধগামী হয়। এই রূপে নীচের লঘু জল উপরে উত্থিত হইলে উপরিস্থ শীতল ও ভারী

জল নিম্নে পতিত হয় এবং কিয়ৎক্ষণের মধ্যেই উত্তপ্ত হইয়া পুনরায় উপরে উত্থিত হয়। এই প্রকার ঊর্দ্ধ প্রবাহ ও অধঃ প্রবাহ দ্বারা ক্রমে ক্রমে পাত্রের সমুদায় জল উষ্ণ হইয়া উঠে। জলাদির যে গুণ থাকাতে এইরূপ ঊর্দ্ধ ও অধঃ প্রবাহ দ্বারা তাহাদের পরমাণু সমূহ তাপ পরিবাহিত করে তাহার নাম পরিবাহকতা। এই রূপে তাপ সঞ্চালিত হওয়ার নাম পরিবাহন।

দ্রব দ্রব্য অপেক্ষায় বায়বীয় দ্রব্যদিগের পরিবাহকতা শক্তি সমধিক প্রবল। বায়ু অথবা বায়ুবৎ বস্তু পরিপূর্ণ কোন পাত্রের অধোভাগে জ্বাল দিলে পূর্ব্বোক্ত রূপ ঊর্দ্ধাধঃ প্রবাহ নিবন্ধন উহার অভ্যন্তরস্থ বায়ু ক্ষণ কালের মধ্যেই বিলক্ষণ উষ্ণ হইয়া উঠে। চুল্লী হইতে এই কারণে ধূমময় উষ্ণ বায়ু ঊর্দ্ধে উত্থিত হয় এবং চতুঃপার্শ্ব হইতে শীতল বায়ু আসিয়া উহার স্থান পূরণ করে। এই বায়ুও আবার চুল্লীস্থ অগ্নিসংস্পর্শে উষ্ণ হইয়া ঊর্দ্ধগামী হয় এবং চতুর্দ্দিক হইতে পুনর্ব্বার বায়ু আসিয়া উহার স্থান অধিকার করে। ফলতঃ কোন স্থানের বায়ু কোন কারণে উষ্ণ হইলেই ঊর্দ্ধগামী হয় এবং ঊর্দ্ধগামী হইলেই চতুর্দ্দিক হইতে বায়ু প্রবাহিত হইয়া উহার স্থান অধিকার করে। বাহিরের বায়ু সৌর কর সংস্পর্শে উষ্ণ হইয়া উঠিলে গৃহাদির অভ্যন্তরস্থ বায়ু এই কারণে উষ্ণ হয়। সূর্য্যকিরণ দ্বারা বহিঃস্থ বায়ু উষ্ণ হইয়া ঊর্দ্ধগামী হইলে তাহার স্থান পূরণার্থ গৃহাদির মধ্য হইতে শীতল বায়ু প্রবাহিত হয় এবং ঐ

উষ্ণ বায়ু ঊর্দ্ধদেশ দিয়া আসিয়া গৃহ মধ্যে প্রবিষ্ট হয়। এই রূপে ভিতর হইতে বাহিরে ও বাহির হইতে ভিতরে কিয়ৎক্ষণ বায়ু প্রবাহ প্রবাহিত হইলে অবশেষে বাহিরের ও ভিতরের বাতাস সমান উষ্ণ হইয়া উঠে। এই নিমিত্ত গ্রীষ্মকালে মধ্যাহ্ন সময়ে গৃহের দ্বার ও গবাক্ষ সকল বন্ধ রাখা কর্ত্তব্য।

এই পরিবাহনই যাবতীয় বায়ু প্রবাহের একটী প্রধান কারণ। বাণিজ্য বায়ু, মৌসুম বায়ু প্রভৃতি বায়ু প্রবাহ সকল এই প্রকারে উৎপন্ন হয়।

যদি কোন ধাতু দ্রব্যের উপর কোন প্রতপ্ত অয়ঃপিণ্ড স্থাপন করা যায় তাহা হইলে উহার কিয়দংশ তাপ আধার দ্রব্যের দ্বারা পরিচালিত হয়, আর কিয়দংশ চতুঃ-পার্শ্বস্থ বায়ু দ্বারা পরিবাহিত হয় এবং অবশিষ্ট অংশ কিরণ রূপে চতুর্দ্দিকে বিক্ষিপ্ত ও পার্শ্ববর্ত্তী দ্রব্যাদির দ্বারা পরিশোষিত হয়, এই নিমিত্ত লৌহ পিণ্ডটী ক্রমশঃ শীতল হইয়া চতুঃপার্শ্বস্থ বায়ুর সমান উষ্ণ হয়। যে ক্রিয়া দ্বারা দ্রব্যাদির তেজ কিরণাকারে চতুর্দ্দিকে বিকীর্ণ হয় তাহাকে বিকিরণ বলিয়া নির্দ্দেশ করা যায়। অগ্নির সম্মুখে দাঁড়াইলে তথা হইতে তৈজস কিরণ নির্গত হইয়া গাত্রোপরি পতিত ও তৎকর্ত্তৃক পরিশোষিত হওয়াতে উষ্ণতার উপলব্ধি হয়। সূর্য্য হইতে তেজ কিরণ রূপে আসিয়া পৃথিবীতে পতিত হয়, নতুবা দ্রব্যাদির দ্বারা পরিচালিত কি পরিবাহিত হইয়া আইসে এরূপ নহে।

আলোক কিরণের সহিত তৈজস কিরণের অনেক

সৌসাদৃশ্য দেখিতে পাওয়া যায়। আলোক রশ্মির ন্যায় তৈজস রশ্মি প্রতি পলে প্রায় ১৯২,০০০ মাইল গমন করে। উজ্জ্বল ও মসৃণ দ্রব্যাদির উপর পতিত হইলে প্রতিফলিত হয় এবং দ্রব্যাদির মধ্য দিয়া সঞ্চারণ সময়ে কিয়ৎ পরিমাণে বক্রীভূত ও পরিশোষিত হইয়া থাকে।

সূর্য্য কিরণ বায়ুরাশির মধ্য দিয়া আসিয়া পৃথিবী পৃষ্ঠে পতিত হয়। কিন্তু তদ্দ্বারা বায়ুরাশির উষ্ণতার তাদৃশ বৃদ্ধি উপলব্ধি হয় না। পৃথিবীপৃষ্ঠ হইতে তেজ প্রতিফলিত, পরিচালিত ও পরিবাহিত হইয়া উহাকে উষ্ণ করে। এই নিমিত্ত বায়ু রাশির অধোদেশ মাত্র উষ্ণ কিন্তু ঊর্দ্ধদেশ অতিশয় হিম।

তেজঃ স্থান হইতে ১ ফুট দূরে তৈজস কিরণের প্রখরতা যত, ২ ফুট দূরে তাহার চারি ভাগের এক ভাগ, ৩ ফুট দূরে তাহার ৯ ভাগের এক ভাগ ইত্যাদি। অর্থাৎ দূরত্বের বর্গের সহিত প্রতিলোমে তেজের প্রখরতার পরিবর্ত্তন হয়।

সকল বস্তুর বিকিরণ শক্তি সমান নহে। ভুষা-নামক যে বস্তুটী দ্বারা তেলকালি প্রস্তুত করা যায় তাহার বিকিরণ শক্তি সর্ব্বাপেক্ষা অধিক। এই নিমিত্ত কোন দ্রব্যের উপরিভাগে ভুষা মাখাইয়া রাখিলে তাহার বিকিরণ শক্তি সমধিক প্রবল হয়। পরীক্ষা দ্বারা নিরূপিত হইয়াছে, যে দ্রব্য যেরূপ পরিমাণে তেজ পরিশোষিত করে, তাহার বিকিরণ শক্তিও তেমনি প্রবল হইয়া থাকে। উজ্জ্বল ও মসৃণ ধাতু দ্রব্যের উপর তৈজস কিরণ পতিত হইতে না হইতে প্রতি

ফলিত হয়, এ কারণ তৎকর্ত্তৃক তেজ পরিশোষিত হয় না, সুতরাং উহার বিকিরণ শক্তিও নিতান্ত অল্প হইয়া থাকে।

অত্যন্ত উত্তপ্ত হইলেই দ্রব্যাদি হইতে তেজ বিকীর্ণ হয় অন্য সময়ে হয় না, এরূপ নহে। উষ্ণই হউক আর অনুষ্ণই হউক যাবতীয় দ্রব্যই নিয়ত তেজ বিকিরণ করিয়া থাকে। বরফ যে এমন শীতল, তথাপি ঘনীভূত পারদ, কি অন্য কোন অপেক্ষাকৃত শীতল বস্তুর অনতিদূরে স্থাপিত হইলে উহা হইতে এত তেজ বিনির্গত হয় যে তদ্দ্বারা হিমময় পারদাদির উষ্ণতার কিঞ্চিৎ বৃদ্ধি হয়। যে বস্তু যত তেজ বিকিরণ করে যদি অন্যান্য দ্রব্য হইতে ঠিক সেই পরিমাণ তেজ বিকীর্ণ হইয়া আসিয়া সেই বস্তুর উপর পতিত হয় তাহা হইলে তাহার উষ্ণানুষ্ণতার কোন রূপ পরিবর্ত্তন হয় না। ইহার অন্যথা হইলেই উষ্ণানুষ্ণতার তারতম্য হয়। উত্তপ্ত দ্রব্য সকল তেজ বিকিরণ দ্বারা শীতল হয় তাহার কারণ এই, চতুঃপার্শ্ব-বর্ত্তী দ্রব্যাদি হইতে তাহারা যে পরিমাণ তৈজস কিরণ প্রাপ্ত হয়, তাহাদের উপরি ভাগ হইতে তদপেক্ষা অধিক পরিমাণ তেজ চতুর্দ্দিকে বিক্ষিপ্ত হয়।

এক্ষণে বিবেচনা করিয়া দেখিলেই প্রতীতি হইবে উষ্ণ দ্রব্য সংস্পর্শেই যে কেবল দ্রব্যাদি উষ্ণ হয়, এমত নহে। উষ্ণ দ্রব্য হইতে দূরে স্থাপিত হইলেও শীতল দ্রব্য সকল তদ্দ্বারা উষ্ণ হইয়া উঠে। উষ্ণ দ্রব্যের তেজ পরিচালন কি পরিবাহন করিলে দ্রব্যাদি যেরূপ উষ্ণ হয়, দূর হইতে তন্নিক্ষিপ্ত, তৈজস কিরণ পরিশোষিত

করিয়াও সেই রূপ উষ্ণ হইয়া থাকে। আবার শীতল দ্রব্য সংস্পর্শে উষ্ণ দ্রব্য সকল যে রূপ শীতল হয়, তেজঃ বিকিরণ নিবন্ধনও সেই রূপ হইয়া থাকে। কেহ কেহ পরিচালনকে আণবিক বিকিরণ বলিয়া মনে করেন।

এই বিকিরণ শক্তি শিশির সঞ্চারের প্রধান কারণ। রাত্রিকালে ভূতলস্থ বস্তু সকল তেজ বিকীর্ণ করিয়া বায়ুরাশি অপেক্ষা সমধিক শীতল হইলে চতুঃপার্শ্বস্থ বায়ুর অন্তর্গত কিয়দংশ জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হইয়া শিশির বিন্দু রূপে উহাদিগের উপরিভাগে বিন্যস্ত হয়। বাষ্পীয় বস্তুদিগের প্রকৃতি সম্বন্ধে ইতিপূর্ব্বে যাহা উল্লিখিত হইয়াছে, বিবেচনা করিয়া দেখিলে তাহা হইতে প্রতীয়মান হইবে, দিবা ভাগে সূর্য্যকিরণ সংযোগে পৃথিবী পৃষ্ঠ সমুত্তপ্ত হইলে তৎসংস্পৃষ্ট বায়ুতে যে পরিমাণ বাষ্প থাকিতে পারে, রাত্রিকালে তেজ বিকিরণ করিয়া ভূপৃষ্ঠ সমধিক শীতল হইলেও তদুপরিস্থ বায়ুতে সেই পরিমাণ বাষ্প থাকিবে ইহা কোন ক্রমেই সম্ভাবিত নহে। উষ্ণতার যত হ্রাস হয় বায়ুরাশিতে তত কম বাষ্প থাকিতে পারে অর্থাৎ তত অল্প বাষ্প দ্বারা বায়ুরাশি পরিসিক্ত হয়। সুতরাং দিবাভাগে বায়ুতে যে বাষ্প থাকে রাত্রিতে সমধিক শীতল হইলে যদি তদ্দ্বারা উহা পরিসিক্ত হইয়া উঠে, তাহা হইলে শীতল দ্রব্য স্পর্শমাত্রেই উহার অন্তর্গত কিয়দংশ বাষ্প ঘনীভূত হইয়া শিশির বিন্দু রূপে পরিণত হয়। বায়ুতে যত অধিক পরিমাণে বাষ্প থাকে তত অল্প পরিমাণে শীতল

হইলেই শিশির সঞ্চার হয়। এতদ্দেশে গ্রীষ্মকালে দিবাভাগে বায়ুরাশি অত্যন্ত উত্তপ্ত হয় কিন্তু রাত্রিতে সেরূপ শীতল হয় না একারণ বায়ুস্থ বাষ্পও শিশির রূপে পরিণত হয় না।

যে সকল বস্তুর বিকিরণ শক্তি সমধিক প্রবল তাহারা রাত্রি কালে সমধিক শীতল হয়, একারণ সেই সকল বস্তুর উপর সমধিক শিশির সঞ্চার হয়। ধাতুদ্রব্য সকলের বিকিরণ শক্তি নিতান্ত অল্প, এই নিমিত্ত তাহাদের উপর তাদৃশ শিশির সঞ্চিত হয় না। কিন্তু মৃত্তিকা, কাচ, বালুকা, বৃক্ষপত্র, পশম প্রভৃতি সমধিক বিকিরণ-শক্তি সম্পন্ন হওয়াতে তাহাদের উপর প্রচুর পরিমাণে শিশির সঞ্চার হইয়া থাকে।

যদ্দ্বারা পৃথিবীপৃষ্ঠ হইতে তেজ বিকিরণের প্রতিবন্ধকতা হয়, তদ্দ্বারা শিশির সঞ্চারেরও প্রতিবন্ধকতা হইয়া থাকে। আকাশমণ্ডল মেঘাবৃত হইলে ভূপৃষ্ঠ তেজ বিকিরণ দ্বারা তাদৃশ শীতল হইতে পারে না কেননা মেঘাবলী হইতে তেজ বিকীর্ণ হইয়া আসিয়া উহার উপর পতিত হয়। একারণ মেঘাচ্ছন্ন নিশিতে সেরূপ শিশির সঞ্চার হয় না। বিস্তৃত শাখা বিশিষ্ট বৃক্ষতলেও এই কারণে শিশির উৎপন্ন হয় না।

মন্দ মন্দ বেগে বায়ু প্রবাহিত হইলে দ্রব্যাদি সমধিক শীতল হয় এবং শিশির সঞ্চার অপেক্ষাকৃত অধিক হইয়া থাকে কিন্তু প্রবল বেগে বায়ু প্রবাহিত হইলে তৎসংস্পর্শে দ্রব্যাদি উষ্ণ হয়, একারণ শিশির উৎপন্ন

হয় না। পরিশেষে বক্তব্য এই যে বায়ু যত সরস হয়, শিশির সঞ্চারও তত অধিক হইয়া থাকে, কেননা তত অল্প পরিমাণে শীতল হইলেই বাষ্প কর্ত্তৃক বায়ু পরিসিক্ত হইয়া উঠে।

৬ষ্ঠ পরিচ্ছেদ।

আপেক্ষিক তেজ।

সমান তাপ প্রাপ্ত হইলেও সকল দ্রব্য সমান উষ্ণ হয় না। যে তেজ প্রাপ্ত হইলে ১ সের জল ১ অংশ উষ্ণ হয়, ১ সের পারদ তাহাতে ৩২° অংশ উষ্ণ হয়। ১০০°শ উষ্ণ ১ সের জলের সহিত ০°শ উষ্ণ ১ সের জল অথবা ০°শ উষ্ণ ১ সের পারদের সহিত ০° শ উষ্ণ ১ সের পারদ মিশ্রিত করিলে উভয়ে ৫০° শ প্রমাণ উষ্ণ হয়; কিন্তু ০°শ উষ্ণ ১ সের জলের সহিত ১০০° শ উষ্ণ ১ সের পারা মিশ্রিত করিলে উহাদিগের উষ্ণতা ৩° শ মাত্র হয়। অর্থাৎ যে তেজের অপগমে পারদ ৯৭° শ পরিমাণে শীতল হয় তদ্দ্বারা সমভার সম্পায় জলের উষ্ণতা ৩° শ মাত্র বর্দ্ধিত হয়। অতএব ইহাতেও বোধ হইতেছে, ১ সের পারদ ও ১ সের জলকে সমান পরিমাণে উত্তপ্ত করিতে হইলে পারদ অপেক্ষা জলে ৩২ গুণ অধিক তাপ প্রয়োগ করিতে হয়। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে, সমভার সম্পায় স্বতন্ত্র স্বতন্ত্র দ্রব্যকে সমান পরিমাণে উষ্ণ করিতে হইলে স্বতন্ত্র স্বতন্ত্র পরিমাণে উত্তপ্ত করিতে হয়।

১ সের জলকে ০° শ হইতে ১° শ পর্য্যন্ত উষ্ণ করিতে যে তাপ দিতে হয় তাহাকে তাপের একক স্বরূপ ধরিয়া ১ অংশ প্রমাণ তাপ বা ১' তাপাংশ বলা যায়। জলকে ১° অংশ পরিমাণে উষ্ণ করিতে যে তেজ আবশ্যক, তাহার সহিত তুলনা করিয়া অন্যান্য দ্রব্যের আপেক্ষিক তেজ প্রকাশিত হয়। সীসকের আপেক্ষিক তেজ ০.০৩১৪ এরূপ বলিলে বুঝিতে হইবে যে, যে পরিমাণ তেজ দ্বারা ১ সের সীসকের উষ্ণতা ১° শ বৃদ্ধি করা যাইতে পারে তদ্দ্বারা ১ সের জলের উষ্ণতা ০.০৩১৪ অংশ মাত্র বর্দ্ধিত হয়।

নিম্নে কয়েকটী দ্রব্যের আপেক্ষিক তেজের পরিমাণ লিখিত হইল।

জল	১.০০০০০
তার্পিণ তৈল	০.৪২৫৯০
অঙ্গার	০.২৬০৮৫
গন্ধক	০.২০২৫৯
কাচ	০ ১৯৭৬৮
ইস্পাত	০.১১৩৭৯
লৌহ	০.১১৩৭৯
তাম্র	০.০৯৫১৫
রৌপ্য	০.০৫৭০১
পারদ	০.০৩৩৩২
স্বর্ণ	০.০৩২৪৪
প্লাটিনম	০.০৩২৪৪

পরীক্ষা দ্বারা নিরূপিত হইয়াছে, যে মূল পদার্থের আণবিক গুরুত্ব যত অধিক, তাহার আপেক্ষিক তেজ তত অল্প। সুতরাং ভিন্ন ভিন্ন মূল পদার্থদিগের আণবিক গুরুত্বের সংখ্যাকে তাহাদের স্ব স্ব আপেক্ষিক তেজের সংখ্যা দ্বারা গুণ করিলে গুণফল সমান হয়।

৭ম পরিচ্ছেদ।

তাপের উৎপত্তি স্থান।

দ্রব্যাদির পরস্পর সঙ্ঘর্ষণে তাপ উৎপন্ন হয়। পুরাকালীন আর্য্যগণ অরণিদ্বয় ঘর্ষণ করিয়া অগ্নি উৎপাদন করিতেন এবং কোন কোন অসভ্যজাতীয় লোকে অদ্যাপি কাষ্ঠে কাষ্ঠে ঘর্ষণ করিয়া বহ্নি উৎপাদন করিয়া থাকে। শীতার্ত্ত হইলে হস্তে হস্তে ঘর্ষণ করিয়া আমরা হস্ত উষ্ণ করি। ঘৃষ্ট হইলে দীপশলাকা প্রজ্বলিত হয়, ইহা অপর সাধারণ সকলেই জানেন। ছুরি, কাঁচি, ক্ষুর প্রভৃতি অস্ত্র শাণ দিবার সময়ে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ নির্গত হয়, তাহাও অনেকে প্রত্যক্ষ করিয়াছেন। চকমকির পাথর ও ইস্পাতের পরস্পর প্রতিঘাতে ইস্পাতের রেণু সমুদায় অগ্নিময় হইয়া চতুর্দ্দিকে বিক্ষিপ্ত হয়। গাড়ির চাকা ও আলের পরস্পর ঘর্ষণে কখন কখন অগ্নি উৎপন্ন হইয়া থাকে। বরফ যে এমন শীতল, তথাচ ঘৃষ্ট হইলে উত্তপ্ত হয়।

যেরূপ তাপ অপগত হইলে বস্তু সকল সঙ্কুচিত হয়, তদ্রূপ আকুঞ্চিত হইলে তাপ সমুদ্ভূত হয়। আকুঞ্চিত

হইলে আয়তনের যেরূপ হ্রাস হয়, উষ্ণতার তদনুরূপ বৃদ্ধি হইয়া থাকে। বারিঘটিত-পেষণ যন্ত্র দ্বারা কোন কঠিন বস্তুর উপর চাপ প্রয়োগ করিলে উহা আকুঞ্চিত ও উত্তপ্ত হয়। জল ও তৈলাদিও সঙ্কুচিত হইলে উষ্ণ হইয়া উঠে। বাতাসকে সহসা সঙ্কুচিত করিলে অগ্নি উৎপন্ন হয়; বায়ু ঘটিত বন্দুকই তাহার প্রমাণ।

আঘাত প্রাপ্ত হইলে জড়দ্রব্য উষ্ণ হয়, ইহা সকলেই প্রত্যক্ষ করিয়াছেন। নেয়াইয়ের উপর এক খণ্ড সীসক স্থাপিত করিয়া হাতুড়ি দ্বারা তদুপরি আঘাত করিলে সীসকের পরমাণুসকল হাতুড়ির বেগ প্রাপ্ত হইয়া বিকম্পিত ও উত্তপ্ত হয়। বেগগামী বন্দুকের গুলি কোন প্রতিবন্ধকের উপরে পতিত হইলে কখন কখন অগ্নি উৎপন্ন হয়। পতনশীল বস্তু ভূতলে পতিত হইলে তাহার দৃশ্যমানগতির তিরোভাবে আণবিকগতি বা তাপ সমুদ্ভূত হয়। জর্ম্মনির অন্তঃপাতি হীলব্রণ নিবাসী ডাক্তার মায়া ও মেঞ্চেষ্টর বাসী এম্ জাউ সপ্রমাণ করিয়াছেন যে ১সের পরিমিত ভারী কোন দ্রব্য ১৩৯২ ফুট; অথবা ১৩৯২ সের ভারী দ্রব্য ১ ফুট উচ্চ হইতে পতিত হইলে যে বেগ প্রাপ্ত হয়, তাহার তিরোভাবে এত তাপ জন্মে যে, তদ্দ্বারা ১ সের জলের উষ্ণতা শতাংশিক তাপমানের ১ অংশ বৃদ্ধি করা যাইতে পারে। সুতরাং প্রতীয়মান হইতেছে দৃশ্যমান গতির তিরোভাবে অপরিদৃশ্যমান আণবিক গতি অর্থাৎ তাপ সমুৎপন্ন হয়। আরও প্রতিপাদিত হইয়াছে, যে তাপ দ্বারা ১ সের জলের উষ্ণতা ১° শ বৃদ্ধি

করা যাইতে পারে তদ্দারা ১ সের ভারী দ্রব্যকে ১৩৯২ ফুট বা ১৩৯২ সের ভারী দ্রব্যকে ১ ফুট ঊর্দ্ধে তুলিতে পারা যায়।

রাসায়নিক সংযোগ স্থলেও উষ্ণতার বৃদ্ধি হইয়া থাকে; পরন্তু, সংযোগ ক্রিয়া ধীরে ধীরে সম্পন্ন হইলে তাপের উপলব্ধি হয় না; কিন্তু যে স্থলে নিমেষমধ্যে এক দ্রব্য অন্য দ্রব্যের সহিত সংযুক্ত হইয়া ভিন্ন ভাব ধারণ করে, তথায় প্রচুর পরিমাণে তাপ ও আলোক নির্গত হয়। যখন বায়ু সংস্পর্শে লৌহ ধীরে ধীরে অম্লজানের সহিত সংযুক্ত হইয়া লৌহমল উৎপাদন করে, তখন উষ্ণতার আধিক্য অনুভূত হয় না। কিন্তু বিশুদ্ধ অম্লজানের মধ্যে একটী লৌহময় তার কিঞ্চিৎ উত্তপ্ত করিয়া প্রবিষ্ট করিয়া দিলে উল্কাসদৃশ অগ্নিস্ফুলিঙ্গ সকল চতুর্দ্দিকে নিক্ষিপ্ত হইতে থাকে এবং কিয়ৎক্ষণের মধ্যেই সমগ্র তারটী ভস্মীভূত হইয়া যায়। এই উভয় স্থলেই সমান তাপ উৎপন্ন হয়, তবে যে প্রথম স্থলে তাপের অনুভব হয় না, তাহার কারণ এই যে, আস্তে আস্তে যেমন উৎপন্ন হয়, তেমনি চতুর্দ্দিকে বিকীর্ণ হইয়া যায়। রাসায়নিক সংযোস্থলে তাপ ও আলোক নির্গত হইলে সেই সংযোগক্রিয়াকে দহন-ক্রিয়া বলা যায়। কাষ্ঠাদি হইতে যে অগ্নি প্রাপ্ত হওয়া যায়, তদন্তর্গত দাহ্য পদার্থের সহিত বায়ুস্থ অম্লজানের রাসায়নিক সংযোগই তাহার কারণ। দীপাদি হইতে যে আলোক নির্গত হয়, তাহাও তৈলাদির অঙ্গার ও অজ্ঞানের সহিত বায়ুস্থ অম্লজানের সংযোগ নিবন্ধন উৎপন্ন হইয়া

থাকে। আমরা যে অগ্নিশিখা দেখিতে পাই, তাহা অত্যুষ্ণ বাস্পমাত্র; বাস্প বা বায়বীয় দ্রব্য সমধিক উত্তপ্ত হইলেই অগ্নিশিখা রূপে প্রতীয়মান হয়।

তাড়িত হইতেও তাপ উৎপন্ন হয়। বজ্রাগ্নিও এই তাড়িতাগ্নির রূপান্তর মাত্র।

জীবশরীর, তাপের আর একটী উৎপত্তিস্থান। আমাদের শরীরের উষ্ণতা চতুঃপার্শ্বস্থ বায়ুর সমান নহে; কি আরবদেশীয় বালুকাময় মরুভূমি, কি হিমার্ণব-পরিধৌত সাইবীরীর প্রান্তর, সকল স্থানেই মনুষ্য-শরীরের উষ্ণতা ৯৮·২৭° ফা।

আগ্নেয় গিরির অগ্ন্যুদ্গাম ও উৎস জলের উষ্ণতা দখিয়া বোধ হয়, পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগ আগ্নিময় পদার্থে পরিপূর্ণ। সূর্য্যের উত্তাপ বশতঃ উপরিস্থ দুই তিন ফুট মাত্র মৃত্তিকা রাত্রি অপেক্ষা দিবাভাগে সমধিক উত্তপ্ত হয়। কিন্তু শীত কালের তুলনায় গ্রীষ্মকালে তদপেক্ষা অধিক-দূর নিম্নপর্য্যন্ত অপেক্ষাকৃত উষ্ণ বলিয়া বোধ হয়। যাহা হউক ৬০, ৭০ কি ১০০ শত ফুট অপেক্ষা অধিক নিম্নে সৌর তেজ প্রবেশ করিতে পারে না। করাশীদেশের রাজধানী পারীনগরীর পর্য্যবেক্ষণিকাগারের ৫৯ ফুট নিম্নে একটী তাপমান যন্ত্র নিহিত আছে, শীত গ্রীষ্ম দিবারাত্রি কিছুতেই তাহার অন্তর্গত পারদস্তম্ভের হ্রাস বৃদ্ধি হইতে দেখা যায় নাই। ভূপৃষ্ঠস্থ সকল স্থানেরই কিয়দ্দূর নিম্নে এমন এক একটি স্থান আছে, যেখানে দিবারাত্রি, শীত গ্রীষ্ম কিছুতেই উষ্ণতার তারতম্য হয় না। ঐ স্থলটীর ঊর্দ্ধ

ও অধোভাগে যথাক্রমে সৌর ও পার্থিব তেজের প্রাদুর্ভাব দেখিতে পাওয়া যায়। চিরসমোষ্ণ স্থলের উষ্ণতা সর্ব্বত্র সমান নহে। যেথানকার বার্ষিক উষ্ণানুষ্ণতার যে গড়—মানচিত্রে সমোষ্ণ রেখা দ্বারায় যে উষ্ণতা বিজ্ঞাপিত হয়—তাহার নিম্নস্থ চির সমোষ্ণ স্থলেরও সেই উষ্ণতা দেখিতে পাওয়া যায়। ঐ চিরসমোষ্ণ বিন্দু হইতে যত নিম্নে যাওয়া যায় ততই সামান্যতঃ প্রতি ৬০ ফুটে ১° ক্রম করিয়া উষ্ণতার বৃদ্ধি দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাতেই বোধ হয়, ভূপৃষ্ঠ হইতে কয়েক ক্রোশ নিম্নেই তাপের এরূপ প্রাদুর্ভাব যে, তথায় নীত হইলে লৌহও দ্রবীভূত হইতে পারে।

যে সকল তেজের কথা উল্লিখিত হইল, সৌর তেজের সহিত তুলনা করিলে সে সমুদায় নিতান্ত অকিঞ্চিৎকর বলিয়া বোধ হয়। সূর্য্যই তাপের আদি কারণ। তাঁহা হইতেই আমরা তাপ ও আলোক প্রাপ্ত হইতেছি; কিন্তু তিনি যে কোথা হইতে তাপ ও আলোক প্রাপ্ত হইয়াছেন তাহা আমরা অবগত নহি। তাপ ও আলোক ঘটিত সমস্ত ব্যাপারই তাঁহা হইতে সম্পাদিত হইতেছে। দীপশিখা ও ইন্ধনাগ্নিতে তিনিই প্রকাশমান হইতেছেন। দাবাগ্নি, বিদ্যুতাগ্নি ও বজ্রাগ্নিতে তিনিই বিরাজমান রহিয়াছেন। তিনিই সংসারকে জলীয় শরীর ও পবনকে বায়বীয় আকার প্রদান করিয়াছেন। তিনিই সমুদায় জলকে বাষ্পরূপে পরিণত করিয়া মেঘ উৎপাদন করিতেছেন। তিনিই নবপল্লবে তরুদলকে সুশোভিত করি-

তেছেন। তিনিই কাননরাজীতে ধরণীকে বিভূষিত করিতেছেন। তিনিই ক্ষুদ্রতম বীজ হইতে প্রকাণ্ড বট-রক্ষ উৎপাদন করিয়া পুনরায় কুঠার দ্বারা তাহাকে ছেদন করিতেছেন। তিনিই হয়াকারে আশুগতি গমন করিতে-ছেন; তিনিই বিহঙ্গাকারে আকাশমার্গে উড্ডীন হই-তেছেন; তিনিই মীনরূপে জলমধ্যে বিচরণ করিতেছেন। তিনিই বীজ বপন করিতেছেন, তিনিই শস্য আহরণ করিতেছেন, তিনিই আমাদিগকে আহার দিতেছেন। তিনিই তুলারোপণ করিতেছেন, তিনিই সূত্র নির্ম্মাণ করিতেছেন. তিনিই বস্ত্র বয়ন করিতেছেন। তিনিই খনি হইতে অপরিস্কৃত লৌহ তুলিয়া তাহাকে পরিষ্কার করিতেছেন, তিনিই রেল নির্ম্মাণ করিতেছেন, তিনিই জলকে সন্তপ্ত করিয়া বাষ্প করিতেছেন, তিনিই বাষ্পীয় শকটকে বায়ুবেগে লইয়া যাইতেছেন,। তিনি তেজ রূপে আবির্ভূত হইয়া পুনরায় তেজ রূপে তিরো-ভূত হইতেছেন; এবং তাঁহার আগমন ও অন্তর্ধানের অন্তর্গত কালে যাবতীয় নৈসর্গিক ব্যাপার সম্পাদিত হই-তেছে। পাঠকগণ! এ সকল কবিকপোল কল্পিত অলীক কথা নহে; পরন্তু বিজ্ঞানশাস্ত্রসম্মত যুক্তিসিদ্ধ বাক্য, ইহাতে কিছুমাত্র অবিশ্বাস বা সংশয়ের বিষয় নাই।

তাপঘটিত প্রশ্নমালা।

১। তাপ কাহাকে বলে? তাপের স্বরূপ সম্বন্ধে কি প্রকার মত ভেদ আছে? উষ্ণতা ও শৈত্যে বিশেষ কি?

২। উষ্ণতার পরিমাণার্থ সচরাচর কি প্রকার যন্ত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে? শতাংশিক, ফারেণহীট ও রিওমারের পরিমাপে প্রভেদ কি?

৩। ফারেণহীটের — ৪০°, —৪°, + ১৫৮ ও ৯৭৭° অংশ গুলি শতাংশিক ও রিওমারের কত অংশের সমান?

উত্তর। — ৪০° ফা = — ৪০° শ = — ৩২° রি
— ৪° = — ২০° = — ১৬
+ ১৫৮ = + ৭০° = — ৫৬
+ ৯৭৭ = + ৫২৪ = + ৪২০

৪। শতাংশিকের — ৪০°, — ১০°, + ৭৫, ও + ৩৬০ অংশ ফারেণহীট ও রিওমারের কত অংশের তুল্য?

উত্তর। — ৪০° শ = — ৪০° ফা = — ৩২° রি
— ১০° = + ১৪ = — ৮°
+ ৭৫ = + ১৬৭ = + ৬০
+ ৩৬০ = + ৬৮০ = + ২৮৮

৫। রিওমারের—৩২°, —৮, +৬০ +২৩২, অংশগুলি শতাংশিক ও কারেণহীটের কত অংশের সমান?

উত্তর। — ৩২° রি = — ৪০° শ = — ৪০ ফা
— ৮ = — ১৪° = + ১৪
+ ৬০ = + ৭৫ = + ১৬৭°
+ ২৩২° = + ২৯০ = + ৫৫৪°

৬। শৈত্যমান, বহ্নিমান, লঘিষ্ঠ তাপমান ও গরিষ্ঠ তাপমান বলিতে কি বুঝায়? "তাপমান যন্ত্র দ্বারা দ্রব্যাদির উষ্ণতার পরিমাণ মাত্র জানা যায় কিন্তু কাহারও তাপের পরিমাণ জানা যায় না," এই বাক্যটীর সার্থকতা প্রতিপাদন কর।

৭। রৈখিক, বর্গীয় ও ঘন প্রসারণ কাহাকে বলে? সপ্রমাণ কর যে, বর্গীয় ও ঘন প্রসারণের মান রৈখিক প্রসারণের মানের যথাক্রমে দ্বিগুণ ও ত্রিগুণ। সপ্রমাণ কর, $দৈ' = দৈ \frac{১+প্রউ'}{১+প্রউ} = দৈ \{ ১+প্র (উ'—উ) \}$.

৮। 'প্রত্যক্ষ ও প্রকৃত প্রসারণ' এবং 'সাপেক্ষ ও নিরপেক্ষ প্রসারণ' বলিতে কি বুঝায়? জলের প্রসারণ সম্বন্ধে কি বৈচিত্র দৃষ্ট হয়?

৯। তাপ সহকারে ভিন্ন ভিন্ন বায়বীয় দ্রব্য কি ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণে প্রসারিত হয়? যদি চাপ সমান থাকে, তাহা হইলে ১ আয়তন বাতাসকে ০° শ হইতে ১০০০° শ পর্য্যন্ত উষ্ণ করিলে উহার আয়তন কত হইবে?

১০। সপ্রমাণ কর চাপের পরিবর্ত্তন না হইলে, $আ' = আ \{ ১ + প্র (উ' — উ) \}$ এবং চাপ ও উষ্ণতা উভয়ের পরিবর্ত্তন হইলে,

$$আ' = আ \cdot \frac{১ + প্রউ'}{১ + প্রউ} \times \frac{চা}{চা'}$$

১১। যদি কোন বেলুনযন্ত্র ৮০° ফা: উষ্ণতা ও ২৯ ইঞ্চি চাপে ১০০০ ঘন ফুট গ্যাসে পরিপূরিত হয়, তাহা হইলে ৪০° ফা উষ্ণ ও ২২ ইঞ্চি চাপেসমাক্রান্তএরূপ স্থলে উঠিলে, তথায় উহার অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের আয়তন কত হইবে।

উত্তর, ১২২০৩৫৭ ঘন ফুট।

১২। তাপ দ্বারা কি সকল প্রকার কঠিন দ্রব্যকে দ্রব ও দ্রব দ্রব্যকে বাস্প করিতে পারা যায়? সকল প্রকার কঠিন দ্রব্যকে দ্রব ও দ্রব দ্রব্যকে বাস্প করিতে কি সমান তাপ প্রয়োগ করিতে হয়?

১৩। অপ্রত্যক্ষ তেজ কাহাকে বলে? জল ও জলীয় বাষ্পের অপ্রত্যক্ষ তেজ কত?

১৪। দ্রব দ্রব্য সকল ঘনীভূত হইলে তাহাদের আয়তনের হ্রাস হয়, না বৃদ্ধি হয়? জল জমিবার সময়ে বিস্তৃত হওয়াতে জলচর জীবদিগের কি মহোপকার হইয়া থাকে?

১৫। চাপের ইতর বিশেষ বশতঃ দ্রবণবিন্দু ও স্ফোটন বিন্দুর কিরূপ ইতর বিশেষ হয়? গভীর খনির মধ্যে জল বাষ্প করিতে যে তাপ দিতে হয় উচ্চ পর্ব্বতোপরি কি সেই তাপ আবশ্যক? জলের স্ফোটন বিন্দু অবলম্বন করিয়া পর্ব্বতাদির উচ্চতায় কিরূপে অবধারণ করিতে পারা যায়?

১৬। "উষ্ণ হইলেই যে জল ফুটে, কি ফুটিলেই যে জল উষ্ণ হয়, এরূপ কোন নিয়ম নাই," এই বাক্যের তাৎপর্য্য

কি? দ্রব দ্রব্য সকলকে না ফুটাইলে কি বাষ্প উদ্গত হয় না? বাষ্প নিঃসরণ সম্বন্ধে কি কি নিয়ম দৃষ্ট হয়?

১৭। পরিসেচক বাষ্প কাহাকে বলে? পরিসেচক বাষ্প সকল কি বয়ল ও মারিয়টের নিয়মের অধীন?

১৮। ওডিকলম, লেবাণ্ডার, গোলাপজল প্রভৃতি দ্রব্য সংস্পর্শে শরীর শীতল হয় কেন? ঘড়ার জল অপেক্ষা কুঁজর জল শীতল হয় কেন?

১৯। কি কি প্রকারে এক স্থানের তাপ স্থানান্তরে নীত হইয়া থাকে? পরিচালন, পরিবাহন ও বিকিরণ কাহাকে বলে? কয়েকটি পরিচালক ও অপরিচালক পদার্থের নাম বল? কিরূপ দ্রব্য দ্বারা পরিধেয় বস্ত্র নির্ম্মাণ করা কর্ত্তব্য?

২০। 'কঠিন দ্রব্যের পরিবাহকতা গুণ থাকা অসম্ভব,' তাহার কারণ কি? জলের পরিচালকতা গুণ নিতান্ত অল্প অথচ কোন পাত্রে জল রাখিয়া তাহার নীচে জ্বাল দিলে পাত্রস্থ সমুদায় জল শীঘ্রই উষ্ণ হইয়া উঠে, তাহার কারণ কি?

২১। "গ্রীষ্মকালে মধ্যাহ্ন সময়ে গৃহের দ্বার ও গবাক্ষ সকল বদ্ধ রাখা কর্ত্তব্য," কেন?

২২। সূর্য্যকিরণ বায়ুরাশি ভেদ করিয়া ভূপৃষ্ঠে পতিত হয়, অথচ উহার ঊর্দ্ধদেশ অতিশয় হিম, ইহার কারণ কি?

২৩। শিশির সঞ্চারের কারণ কি? "নীহারাঙ্ক" কাহাকে বলে? ধাতুময় দ্রব্য অপেক্ষা মৃণ্ময় দ্রব্যের উপর সমধিক শিশির সঞ্চারের কারণ কি? মেঘাচ্ছন্ন

শিশিতে তাদৃশ শিশির সঞ্চার হয় না, কেন? আমাদের দেশে গ্রীষ্ম কালে শিশির সঞ্চার হয় না, তাহারই বা কারণ কি?

২৪। আপেক্ষিক তেজ কাহাকে বলে? ৪০° অংশ পরিমাণ উষ্ণ ২ সের, ৬৫ অংশ উষ্ণ ৫ সের, ৭০° অংশ উষ্ণ ৭ সের, ও ৯০° অংশ উষ্ণ ৩ সের জল একত্র মিশ্রিত করিলে তাহার উষ্ণতা কত হইবে। উত্তর ৬৮·৫২৯ অংশ।

২৫। ২০০° ফা উষ্ণ কত জলের সহিত ৫০° ফা উষ্ণ কত জল মিশ্রিত করিলে ৮৫° ফা উষ্ণ অর্দ্ধ মণ জল হইবে।
উত্তর, ২০০° ফা উষ্ণ ৪২/৩ সের ও ৫০° ফা উষ্ণ ১৫১/৩ সের।

২৬। ২১২° ফা উষ্ণ ১ আয়তন পারদের সহিত ৩২° ফা উষ্ণ ১ আয়তন জল মিশ্রিত করিলে উভয়ের উষ্ণতা কত হইবে? উত্তর, ৮৮°৩৯ ফা।

২৭। ৩২° ফা উষ্ণ ১ আয়তন পারদ ও ২১২° ফা উষ্ণ ১ আয়তন জল মিশ্রিত করিলে উষ্ণতা কত হইবে?
উত্তর, ১৫৫°৮৮ফা।

২৮। তাপের উৎপত্তি স্থানগুলির নির্দ্দেশ কর। ঘর্ষণ দ্বারা তাপ উৎপাদন করিতে পারা যায়, ইহা কতিপয় উদাহরণ দ্বারা প্রতিপন্ন কর।

২৯। তাপাংশ কি? এক তাপাংশ কত বলের সমান?
উত্তর, ১ সের ভারী দ্রব্যকে ১৩৯২ ফুট উর্দ্ধে তুলিতে যে বল লাগে তাহার সমান।